

EFICIENCIA ENERGÉTICA, CREACIÓN DE EMPLEO Y COMPETITIVIDAD EN ESPAÑA



2004

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Justificación del estudio	4
1.2. Algunas definiciones previas	6
1.3. Objetivos del estudio	8
1.4. Metodología	10
2. LA ESTRATEGIA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ESPAÑA 2004-2012 (E4)	12
2.1. El sector industrial en la E4	15
2.1.1. Subsector de la industria química (CNAE-93 / 24)	16
2.1.2. Subsector alimentación, bebidas y tabaco (CNAE-93 / 15)	17
2.1.3. Subsector minerales no metálicos (CNAE-93 / 26)	18
2.1.4. Subsector siderurgia y fundición (CNAE-93 / 27XX)	19
2.1.5. Otros subsectores industriales	20
2.2. El sector transporte en la E4	22
2.3. El sector de los servicios públicos en la E4	24
2.4. El sector de la transformación de la energía en la E4	25
2.4.1. Subsector de refino	26
2.4.2. Subsector de generación de energía eléctrica	26
2.4.3. Subsector de cogeneración	27
2.5. El sector de la edificación en la E4	27
2.6. El sector residencial en la E4	29
2.7. El sector de la agricultura y pesca en la E4	29
2.8. Síntesis de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012	30
2.9. Conocimiento de la E4 por parte de los agentes involucrados	31
2.10. Conclusiones	36
3. ANÁLISIS METODOLÓGICO	38
3.1. Cuestionario general	40
3.1.1. Criterio de esfuerzo inversor	40

3.1.2. Criterio geográfico.....	42
3.1.3. Criterios adicionales y diseño muestral definitivo del cuestionario general.....	47
3.2. Cuestionario a productores	51
3.2.1. Criterio de potencial de creación de empleo	51
3.2.2. Criterio de volumen de inversión	52
3.2.3. Criterios adicionales y diseño muestral definitivo del cuestionario a productores.....	55
4. LA CREACIÓN DE EMPLEO POR INVERSIONES EN EFICIENCIA ENERGÉTICA	60
4.1. Marco político e institucional europeo de mejora de la eficiencia energética y creación de empleo	60
4.2. Eficiencia energética y empleo: revisión de antecedentes	62
4.2.1. Estudios de caso	64
4.2.2. Modelos input-output	65
4.2.3. Modelo de equilibrio general (GEM-E3).....	66
4.3. Resultados	68
4.4. La creación de empleo en términos de bienestar	76
4.5. Conclusiones	83
5. EFICIENCIA ENERGÉTICA Y PRODUCTIVIDAD	84
5.1. Algunos antecedentes sobre la relación entre eficiencia energética y productividad	84
5.2. Una aproximación operativa a la integración de los beneficios no energéticos en las medidas de rentabilidad de las inversiones en eficiencia energética (Worrell et al., 2003).....	92
5.3. Resultados	98
5.4. Conclusiones	105
6. EFICIENCIA ENERGÉTICA Y COMPETITIVIDAD	106
6.1. Tres niveles de estudio de la competitividad empresarial.....	106
6.1.1. La influencia del marco macroeconómico sobre la competitividad....	108
6.1.2. Políticas sectoriales y competitividad	111

6.1.3. Mecanismos intraempresariales de mejora de la competitividad	114
6.2. Un marco integrador de los tres niveles de estudio de la competitividad.....	117
6.3. Un análisis de la influencia de la E4 sobre la competitividad	127
6.3.1. Algunos efectos de la E4 sobre la competitividad a nivel macroeconómico	127
6.3.2. Algunos efectos de la E4 sobre la competitividad a nivel sectorial	131
6.3.3. Algunos efectos de la E4 sobre la competitividad a nivel empresarial.....	139
6.4. Conclusiones	144
7. EFECTOS MACROECONÓMICOS DE LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA: EFECTO REBOTE Y DEPENDENCIA ENERGÉTICA	146
7.1. El postulado de Khazoom-Brooks y el efecto rebote (rebound effect).....	146
7.1.1. El efecto rebote a nivel microeconómico	147
7.1.2. El efecto rebote a nivel macroeconómico	152
7.2. Efectos de la mejora de la eficiencia energética sobre la dependencia exterior	153
7.2.1. La dependencia energética: evolución reciente y contexto	154
7.2.2. La dependencia energética como problema	156
7.2.3. El potencial de la E4 para reducir la dependencia energética de España.....	163
8. CONCLUSIONES FINALES.....	169
BIBLIOGRAFÍA	172

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación del estudio

El 28 de noviembre de 2003, el Ministerio de Economía español publicó la “*Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España: 2004-2012*” (**E4**) (Ministerio de Economía, 2003a). Este documento presenta un conjunto de medidas de carácter legislativo, económico, de comunicación y, fundamentalmente, tecnológicas encaminadas a reducir el índice de intensidad energética (o, en otras palabras, mejorar la eficiencia energética), en términos de energía primaria, un 14% respecto al escenario tendencial o base, definido por el documento “*Planificación de los sectores de electricidad y gas. Desarrollo de las redes de transporte 2002-2011*” (Ministerio de Economía, 2002); en términos absolutos, la **E4** plantea el objetivo de conseguir, para el año 2012, una intensidad energética de 0,22 *tep/miles de €₉₅*. En el citado escenario tendencial, la intensidad energética en el año 2012 resultaría de 0,255 *tep/miles de €₉₅*. Es decir, el objetivo de la **E4** es reducir el consumo de energía en 69.950 *ktep* en términos de energía primaria (41.989 *ktep* de energía final).

Existe una extensa literatura sobre el potencial *técnico* de mejora de la eficiencia energética, al menos en el sector industrial (Elliott, 1994, en Elliott *et al.*, 1997), potencial que, por otra parte, se muestra elevado. Sin embargo, las inversiones en eficiencia energética no se acercan a ese potencial, incluso cuando la comparación entre costes y ahorros energéticos se incline hacia los segundos. De forma adicional, parece que no es la rentabilidad de la inversión el factor decisivo, desde el momento en el que inversiones con un período de retorno (*payback*) mayor son ampliamente ejecutadas a costa de otras con un período de retorno más reducido (Elliott *et al.*, 1997). Este comportamiento, aparentemente irracional, parece explicarse por una contabilidad de costes y beneficios que induce a errores.

Tradicionalmente, la rentabilidad financiera y/o económica de las inversiones en eficiencia energética ha sido evaluada atendiendo únicamente a los ahorros energéticos que de ellas se obtienen. En un escenario presente caracterizado por unos precios de la

energía relativamente baratos, la obtención de una rentabilidad positiva de las inversiones en eficiencia energética corre el riesgo de limitarse únicamente a actividades con un gasto energético importante (el sector siderurgia y fundición ha realizado fuertes inversiones en esta línea durante la última década, por ejemplo) o a medidas que generen un importante ahorro energético.

Por otra parte, la decisión, dentro de una empresa, de invertir en eficiencia energética debe competir por captar los recursos finitos de la compañía frente a otras alternativas de inversión. Por ejemplo, y de forma usual, las decisiones acerca del cumplimiento de los estándares de emisión, la fiabilidad de la producción o problemas sobre la calidad del producto poseen prioridad sobre la decisión de invertir en eficiencia energética (Elliott *et al.*, 1997).

Sin embargo, más allá de los beneficios asociados al mero ahorro en la factura energética, la mejora de la eficiencia energética genera otra serie de beneficios en términos de mejora de la calidad ambiental, creación de empleo y mejora de la productividad y competitividad de las empresas, entre otros (Lilly y Pearson, 1999; Pye y McKane, 2000; Wade *et al.*, 2000; Worrell *et al.*, 2003). La estimación de estos denominados **beneficios no energéticos** y su inclusión en un marco de análisis coste-beneficio, ya sea financiero y/o económico/social, puede inclinar la balanza de la rentabilidad hacia los valores positivos. Hacer explícito tanto el conocimiento de estos beneficios como su, en lo posible, cuantificación y relación con objetivos distintos al de reducción del consumo energético potenciará el atractivo de las inversiones en eficiencia energética; y no por el hecho de crear artificialmente la intención de hacer atractivas estas inversiones, sino para que su evaluación recoja de forma exhaustiva los beneficios que de ellas se derivan. Es más, ignorar estos otros beneficios puede incurrir en decisiones de inversión en eficiencia energética erróneas, incluso desde el punto de vista de la rentabilidad financiera (Elliott *et al.*, 1997).

El presente estudio se centra, dentro de los beneficios no energéticos citados anteriormente, en la creación de empleo y la mejora en la productividad y competitividad de las empresas asociados a la inversión en eficiencia energética. La

literatura ha prestado especial atención a la creación de empleo, especialmente dentro del marco del Programa *SAVE II* de la Comisión Europea (Wade *et al.*, 2000; IDAE, 2000). Por otra parte, el estudio de la relación entre eficiencia energética y mejora de la productividad se balancea entre los ejercicios más genéricos (Skumatz *et al.*, 2001) y los más específicos (Worrell *et al.*, 2003), dificultando el empleo de datos ajenos a un estudio propio. Finalmente, la competitividad, como concepto amplio y ambiguo, merece en especial de un tratamiento prudente y preciso.

1.2. Algunas definiciones previas

El conocimiento de los efectos de la inversión en eficiencia energética sobre la productividad no debe abordarse sin, previamente, definir previamente este concepto. Según el Diccionario de la Real Academia Española, la productividad puede definirse como la “relación entre lo producido y los medios empleados, tales como mano de obra, materiales, energía, etc..”. De esta forma, un incremento de la productividad significa producir más (o lo mismo) con menor cantidad de medios, de *inputs*; o, alternativamente, producir más con los mismos recursos.

De hecho, una mejora de la eficiencia energética no debe interpretarse de otra forma que como una mejora de la productividad del factor energía. En definitiva, el objetivo es producir la misma cantidad de bienes y servicios con un consumo menor de energía. El interés de este estudio radica, precisamente, en detectar la capacidad que la mejora de la productividad de la energía (la mejora en eficiencia energética) tiene para influir sobre la productividad del resto de factores productivos (capital, trabajo, materias primas, etc.).

Los trabajos de diversos autores sobre productividad llevan al enunciado del llamado *principio de indivisibilidad de la productividad económica*, recogido por Brookes (2000): la eficiencia energética es simplemente una parte de la eficiencia económica entendida en términos más amplios. “Es difícil, o prácticamente imposible, separar los incrementos de productividad de la energía de los del capital y trabajo y de los más generales de la economía” (Birol y Kepler, 2000, pág. 461). Sin embargo, el hecho de

que los factores de producción no operen de forma independiente en la mejora de la productividad no significa que el peso relativo de cada uno de ellos no pueda ser estimado mediante técnicas econométricas y contables (Brookes, *op. cit.*).

Finalmente, este principio apuntala la intención del presente estudio de recoger otros componentes de la mejora de productividad derivada de las inversiones en eficiencia energética y que, tradicionalmente, no han sido tenidos en cuenta en la estimación de las rentabilidades de dichas inversiones.

El otro aspecto sobre el que trata el presente estudio y que precisa, quizás con especial énfasis, de una definición es el concepto de competitividad. El Diccionario de la Real Academia Española, define competitividad como la “capacidad de competir”; por su parte, competir se define, en su primera acepción, como “contender entre sí, aspirando unas y otras [personas] con empeño a una misma cosa”.

El presente estudio pretende estimar si las inversiones en eficiencia energética permiten que determinada empresa se enfrente a la competencia del mercado en una mejor (o peor) posición que sus competidores y, en caso positivo, mediante qué mecanismos se genera este efecto. El lector habrá apreciado que, de hecho, un incremento de la productividad, tal y como se ha definido previamente, puede mejorar la situación de la empresa en el mercado, fundamentalmente vía reducción de costes. En los mercados perfectamente competitivos el principal elemento de competitividad son los precios; de esta forma, una mejora de la productividad tendrá efectos positivos sobre la competitividad de la empresa en la medida en que la reducción de costes conseguida sea o pueda ser traducida a los precios.

Sin embargo, no todos los mercados de bienes y servicios pueden calificarse de perfectamente competitivos. En mercados de competencia imperfecta, *[1]* no existe garantía de que los costes se vean reflejados de manera perfecta en los precios; y *[2]* tampoco los precios se constituyen como la única (o principal) vía de mejorar la competitividad empresarial. De hecho, “otros factores ligados con la diferenciación de los productos adquieren cuanto menos la misma importancia” (Martín, 1993). De

forma adicional, las empresas tienden a crear mercados imperfectamente competitivos mediante su diferenciación respecto al resto de competidores (*ibid.*).

Tanto en los mercados competitivos como, quizás especialmente, en los no o imperfectamente competitivos, las empresas pueden basar su competitividad en la aplicación de estrategias de diferenciación horizontal o vertical de sus productos, es decir, mediante el aumento del *stock* comercial (imagen de marca) y tecnológico. De hecho, está bien documentado que en aquellos sectores en los que existe mayor margen de maniobra en la diferenciación de los productos, la demanda del consumo presenta una elasticidad-precio inferior (Martín, 1993); de esta forma, las empresas pueden obtener beneficios extraordinarios vendiendo sus productos por encima del coste marginal de producción (precio de equilibrio en un mercado perfectamente competitivo), mediante la diferenciación de su producto o empresa en términos de calidad del producto y reputación ante los consumidores, por ejemplo.

La mejora de la competitividad puede alcanzarse mediante la inversión en activos tangibles (edificios, maquinaria, etc.) y activos intangibles (capital humano, conocimientos tecnológicos, reputación ligada a las marcas, etc.) (*ibid.*). Las inversiones en eficiencia energética pueden considerarse activos tangibles (adquisición de nueva maquinaria, más eficiente en términos energéticos), aunque sus efectos pueden trascender hacia los activos intangibles (reputación ambiental de la empresa).

1.3. Objetivos del estudio

El objetivo central del presente trabajo es estudiar los efectos sobre el empleo, la productividad y la competitividad empresarial que se derivan de las inversiones en eficiencia energética, tomando como marco el establecido por la *E4*. Para ello se ha optado por captar la percepción que el mundo empresarial, inversor mayoritario en eficiencia energética según el marco establecido por la *E4* (el 94,7% del total de la inversión es realizado por el sector privado), posee sobre estos tres beneficios no energéticos.

La creación de empleo es un objetivo que debe enmarcarse dentro de la esfera económica y/o social. Desde la perspectiva empresarial, un aumento de la cantidad de mano de obra necesaria para el desarrollo de su actividad se incluiría, en todo caso y ante una eventual evaluación financiera de la inversión, entre las partidas de coste. Sin embargo, desde una perspectiva social, la creación de empleo debe computarse, evidentemente, como un beneficio, máxime cuando la tasa de paro de nuestro país supera el 10% de la población activa. El marco político e institucional promovido desde instancias europeas insta a que la creación de empleo se constituya como una política económica de carácter transversal, a tener en cuenta en cualquier otro tipo de política sectorial; y la política energética, dentro de la cual se enmarca la eficiencia energética, no escapa a este marco supranacional.

En cambio, el incremento de la productividad y de la competitividad de la empresa sí podrían incluirse entre los beneficios no energéticos asociados a la inversión en eficiencia energética que entrarían plenamente dentro de la esfera financiera. No parece aventurado afirmar que la productividad, entendida como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos por un negocio o una economía y la cantidad de trabajo, capital, energía y otros recursos necesarios para producir esos bienes y servicios, siempre será un objetivo a alcanzar por cualquier empresa, desde el momento en el que le permitirá, como mínimo, aumentar sus beneficios. Este razonamiento resulta igualmente válido cuando hablamos de mejora de la competitividad, aspecto que toda empresa debe vigilar con el fin de evitar que una pérdida de posición de mercado perjudique a sus actividades comerciales.

En definitiva, el presente estudio aborda la creación de empleo por inversiones en eficiencia energética desde la perspectiva de evaluar el potencial que esta política energética tiene de colaborar al objetivo de pleno empleo. La obtención de datos por parte de las propias empresas, vía encuesta, sobre necesidades, tanto cuantitativas como cualitativas, de empleo para producir o diseñar medidas de eficiencia energética y como consecuencia de estas inversiones ha resultado una opción metodológica ya explorada y empleada por la literatura (v. IDAE, 2000).

Por otra parte, estas inversiones en eficiencia energética pueden constituirse como una alternativa para la mejora del desempeño empresarial, desde el momento en el que pueden contribuir a aumentar los beneficios de la empresa vía reducción de costes (productividad) o captación de cuota de mercado (competitividad), por ejemplo. La intención del presente estudio es describir la percepción que las empresas españolas tienen de esta oportunidad y, de forma paralela, documentar, atendiendo a la mejor literatura disponible, la relación entre inversión en eficiencia energética y mejora del desempeño empresarial.

1.4. Metodología

Para la consecución de los objetivos enunciados en el epígrafe anterior se ha optado, en primer lugar, por el estudio de la literatura existente en relación con cada uno de los aspectos citados y, posteriormente, en la realización de encuestas, dirigidas tanto a los productores y diseñadores de medidas de eficiencia energética como a aquellas empresas que realizarán las inversiones en estas medidas.

La razón que explica la realización de dos encuestas (una a productores y otra a inversores) es que, como resultado de las correspondientes inversiones en medidas de eficiencia energética, los sectores productores de las mismas experimentarán un aumento de su actividad y, por ello, previsiblemente precisarán de más mano de obra para cubrir la demanda. Es decir, las inversiones en eficiencia energética crearán mayoritariamente empleo en aquellos sectores que fabrican o diseñan las correspondientes tecnologías o conocimientos que permiten reducir el consumo energético sin comprometer los niveles de producción. El *questionario a productores* pretende, de forma prácticamente exclusiva, conocer este componente de la creación de empleo. Las empresas inversoras en eficiencia energética también pueden generar empleo o modificar el nivel de cualificación que precisan de sus empleados, aspecto que es captado mediante el *questionario general*.

Este marco metodológico de captura de información sobre creación de empleo, basado en la realización de encuestas tanto a productores como inversores en medidas de

eficiencia energética, ya ha sido empleado por otros trabajos al respecto (Wade *et al.*, 2000; IDAE, 2000) y parece ser, por tanto, la opción metodológica más acorde con los objetivos del presente estudio.

El *cuestionario general*, además de evaluar el empleo y cualificación del mismo que en aquellos sectores que invierten en eficiencia energética se genera, pretende que las propias empresas informen sobre su percepción respecto a otros beneficios no energéticos, tales como la mejora de la productividad y la competitividad empresarial.

Finalmente, el diseño de la muestra, diferenciado para cada uno de los cuestionarios aplicados, se basó en el criterio de esfuerzo inversor que de cada sector económico se espera, atendiendo a la información proporcionada por la *EA*, corregida, en su caso, por consideraciones acerca del potencial de creación de empleo, distribución territorial, número de agentes de mercado involucrados, etc.

2. LA ESTRATEGIA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ESPAÑA 2004-2012 (E4)

En noviembre de 2003 el Gobierno español hizo pública la *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4)* (Ministerio de Economía, 2003a). Este documento se constituye como un elemento más y, hasta ahora, el de más reciente publicación, de la política energética del país. La Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, el *Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000-2010* (IDAE, 1999) y el documento de *Planificación de los sectores de electricidad y gas Desarrollo de las redes de transporte 2002-2011* (Ministerio de Economía, 2002), junto con la *E4* que nos ocupa, conforman el esqueleto sobre el que se construirá la política energética de España de los próximos años.

El objetivo de la *E4* es reducir la intensidad energética de la economía española, es decir, el consumo de energía (*tep*) por unidad de Producto Interior Bruto (€). Este índice ha experimentado una evolución en los últimos 25 años que añade motivos al objetivo de mejorar la eficiencia energética de la economía; mientras que a lo largo de gran parte de la década de los ochenta la intensidad energética primaria descendió significativamente en nuestro país (fruto de las repercusiones de las dos crisis energéticas de los años setenta), desde 1988 hasta la actualidad este índice ha aumentado. Esta evolución creciente de la intensidad primaria en España registrada en los últimos años se explica por el aumento tanto del equipamiento residencial (electrodomésticos, calefacción, aire acondicionado, etc.) como de la actividad del transporte, privado en su gran mayoría (el incremento del parque automovilístico español ha sido muy superior al de la media de la Unión Europea). Ambos sectores, residencial y transporte, se encuentran muy ligados a la calidad de vida y suponen una importante proporción del consumo total de energía, pero tienen escasa repercusión sobre el Producto Interior Bruto (IDAE, 2004).

Sobre el denominado escenario base, definido por Ministerio de Economía (2002), la *E4* propone una serie de medidas de eficiencia energética con el objetivo de reducir el consumo de energía en 69.950 *ktep* (energía primaria) ó 41.989 *ktep* (energía final)

entre 2004 y 2012, definiendo, de esta forma, el denominado escenario de eficiencia. Estos menores consumos de energía se traducen, en primer lugar, en un índice de intensidad energética primaria, en el año 2012, de 220 $tep/€_{95}$, frente al valor de 255 $tep/€_{95}$ del escenario base; sin embargo, la intensidad energética primaria, entre 2000 y 2007, se incrementa incluso en el escenario de eficiencia, aunque menos que en las previsiones del escenario base. La intensidad energética final, en el año 2012 y según el escenario de eficiencia, ascendería a 168,8 $tep/M€_{95}$, frente a los casi 181,5 $tep/M€_{95}$ previstos por el escenario base. En este caso sí se consigue, además, una reducción de la intensidad energética entre 2000 y 2012 en el escenario de eficiencia. Esta diferente evolución de la intensidad energética primaria con respecto a la final se explica por un desplazamiento del consumo de energía hacia la electricidad. En la contabilidad del consumo de energía final no se incluyen aquellos consumos asociados a la transformación, transporte y distribución de la energía, pues se incurriría en la doble contabilidad. De esta forma, el índice de intensidad energética primaria aumenta en el horizonte temporal de la **E4** incluso en el escenario de eficiencia, pues los rendimientos de los procesos de transformación, transporte y distribución de la energía nunca son del 100%, mientras que sí se logra una reducción del índice de intensidad energética final entre 2004 y 2012, una vez eliminadas del análisis las consideraciones sobre rendimientos en el uso de la energía.

Las medidas que permiten alcanzar estos objetivos de consumo e intensidad energética para el año 2012 tienen un carácter esencialmente tecnológico. Salvo algunas propuestas respecto a medidas con carácter de comunicación y sensibilización de la población, medidas de carácter transversal, con efectos esperados en todos los sectores productivos, todos los sectores basan su mejora de la eficiencia energética en la implantación de tecnologías que permitan reducir el consumo de energía. Únicamente para el sector transporte se propone una serie de medidas (cambio modal, entre ellas) basadas en algunos cambios en el comportamiento de la sociedad y sus pautas de movilidad. En el caso del sector edificación, existen medidas normativas (adopción de la Directiva 2002/91/CEE sobre Eficiencia Energética en Edificios) pero que, a la postre, inducen a la adopción de técnicas de construcción, es decir, al final estas medidas adquieren tintes tecnológicos.

Una vez caracterizadas las medidas como esencialmente tecnológicas, cabe la posibilidad de clasificarlas, tal y como lo ha hecho la propia *E4*, en: **(a)** medidas horizontales, no vinculadas directamente a los procesos que se llevan a cabo en los distintos sectores económicos y, por ello, aplicables en múltiples ramas de actividad (mejoras en calderas, aislamiento térmico, sustitución de combustibles, mejoras de alumbrado y electricidad, etc.); **(b)** medidas en procesos productivos, que dependerán del sector o subsector estudiado y que se corresponden con la implantación de tecnologías de producción ya existentes pero con escasa implantación en la actualidad; y **(c)** nuevos procesos, que implican una previsión futura del cambio tecnológico y, por tanto, llevan asociado un nivel de incertidumbre que dependerá del nivel de desarrollo de las nuevas tecnologías propuestas.

Finalmente, el esfuerzo inversor contemplado por la *E4* asciende a 26.108 millones de euros invertidos durante un período de nueve años (2004-2012), de los cuales 2.010 millones se destinan tanto a distintos apoyos financieros a la iniciativa privada como a acciones emprendidas directamente por las administraciones públicas, con el fin de superar las distintas barreras que condicionan la inversión privada. Los 24.098 millones de euros restantes son invertidos por agentes privados, que asumen, pues, un papel protagonista en la consecución del objetivo planteado por la *E4*.

En siguientes epígrafes se hace un análisis de cada uno de los sectores, indicando la inversión que de ellos se espera, las ayudas públicas recibidas, las medidas de eficiencia energética contempladas y los ahorros energéticos que de su implantación se derivan.

2.1. El sector industrial en la E4

El consumo de energía del conjunto del sector industrial, en el año 2000 y en términos de energía final, supuso el 31,4% (25.492 *ktep*) del total (81.079 *ktep*)¹; (IDAE, 2004). Es, en definitiva, uno de los sectores que concentra una importante proporción del consumo energético nacional, únicamente superado por el sector transporte. Es, además, el sector que más mejoras de eficiencia ha instalado y el que más ha controlado el crecimiento de su consumo de energía (*ibid.*).

El sector industria está configurado por un conjunto heterogéneo de actividades que aconsejan un análisis a nivel de subsector. Estas diferencias no solo se hacen patentes cuando se estudia el consumo absoluto de cada sector, sino también en términos de consumo de energía final por unidad de valor añadido (intensidad energética, en definitiva). De esta forma, cabe diferenciar entre industrias grandes consumidoras de energía (minerales no metálicos, siderurgia y fundición, química y alimentación, bebidas y tabaco) y sectores menos intensivos en energía (textil, cuero y calzado, madera, corcho y muebles, transformados metálicos, etc.). La identificación de los subsectores industriales de mayor consumo energético tiene especial relevancia en el contexto del presente estudio, desde el momento en el que serán aquellos sectores en los que la factura energética alcance mayores proporciones sobre el gasto total los que tendrán mayores incentivos para la reducción del consumo energético (y, por tanto, de la factura energética).

Las inversiones propuestas por la **E4** se centran, precisamente, en los subsectores más intensivos en energía; de hecho, casi el 90% de las inversiones y gasto (apoyos) público(s) y el 93,5% de los ahorros energéticos a realizar por el sector industrial se corresponden con los cuatro subsectores antes mencionados. No obstante, también se proponen medidas de reducción del consumo de energía en el resto de sectores.

¹ Estas cifras de consumo hacen referencia únicamente al consumo de energía con fines estrictamente energéticos (aquella que se emplea como fuente térmica o eléctrica, y no como materia prima), aspecto en el que se centra la **E4**. Por otra parte, es el sector industria aquel que muestra unos consumos no energéticos más altos (8.848 *ktep* en el año 2000), concentrando los sectores químico (empleo de naftas para la fabricación de etileno) y construcción (asfaltos) más del 85% de los mismos (Ministerio de Economía, 2003).

La **E4** presume una inversión total en este sector de 1.681 M€ (en medidas exclusivamente asociadas a este sector): 1.207 M€ repartidos entre los distintos subsectores y 474 M€ en concepto de medidas de Desarrollo y Demostración, no atribuibles a los distintos subsectores identificados. Esto implica casi el 7% del total de inversiones contemplado por la **E4**. Estas inversiones dan como resultado un ahorro energético, entre 2004 y 2012, de 9.222 ktep, es decir, un 15% del total de ahorros energéticos estimados por la **E4**; de estos ahorros energéticos acumulados, 7.235 ktep son atribuibles directamente a cada uno de los subsectores en los que se divide la actividad industrial. El resto se asocia a medidas de desarrollo y demostración, que, como se ha comentado anteriormente, la **E4** no asigna a ningún subsector/es en concreto.

De forma adicional, el 45% del conjunto del ahorro energético alcanzable en este sector se consigue mediante la instalación de medidas prioritarias, que no precisan de apoyos públicos debido a que poseen rentabilidad suficiente. Además, un 70% de estas medidas prioritarias son medidas tecnológicas horizontales, aplicables multisectorialmente.

Sin embargo, ni la distribución de las inversiones ni de los ahorros energéticos es uniforme entre los distintos subsectores industriales. En posteriores epígrafes se descenderá en el análisis al nivel de subsectores industriales, proporcionando los datos más relevantes para cada uno de ellos y reflexionando brevemente sobre la naturaleza de las distintas tecnologías y medidas de eficiencia energética propuestas por la **E4**.

2.1.1. Subsector de la industria química (CNAE-93 / 24)

Este subsector industrial se muestra, según la propia **E4**, como el de mayor potencial de reducción del consumo de energía. En concreto, se presume que el subsector de la industria química conseguirá en el año 2012 un ahorro de 67,7 ktep tras invertir 18,0 M€ en medidas que, por rentabilidad, no precisan de apoyos públicos a la inversión (medidas prioritarias). El resto de medidas, denominadas medidas complementarias, supondrán casi 322 M€ de inversión privada y conseguirán un ahorro de 354 ktep en el año 2012; sin embargo, su implantación se condiciona a la recepción de un apoyo

público en concepto de costes de superación de barreras, que asciende, en este caso, a 44 millones de euros. El ahorro energético acumulado entre 2004 y 2012 asciende a 2.000 *ktep*.

El texto de la **E4** no identifica estas medidas prioritarias y complementarias. La relación de las mismas aparece de forma agrupada, en medidas horizontales (tecnologías de aplicación multisectorial) y medidas en procesos productivos (tecnologías sectoriales). Por otra parte, no se contempla la aparición de nuevos procesos en este sector durante los años de vigencia de la Estrategia. Puede afirmarse que entre las medidas horizontales se encuentran todas las prioritarias, pero no es posible, atendiendo a la información proporcionada por la **E4**, identificar en concreto estas medidas.

El conjunto de medidas horizontales suponen un ahorro energético de 313,3 *ktep* en el año 2012, el 74% del total de ahorros asociados al subsector químico; además, estas medidas absorben un 86% del total de la inversión del subsector y reciben el 82% de los apoyos públicos. Por tanto, las medidas horizontales concentran la mayor parte de los esfuerzos de la **E4** sobre este subsector. El hecho de ser medidas de carácter transversal a otros sectores puede tener influencia en la aparición de economías de escala en la fabricación de las mismas y, por tanto, contribuir a su rentabilidad.

2.1.2. Subsector alimentación, bebidas y tabaco (CNAE-93 / 15)

Dentro del sector industria y de la heterogeneidad de actividades englobadas en el mismo, este subsector engloba a su vez a actividades de muy distinto signo (industrias cárnicas, conserveras, fabricación de bebidas, lácteas, etc.). Se configura como el segundo subsector industrial en potencial de ahorro energético, por lo que recibe especial interés por parte de la **E4**; es el subsector industrial en el que más se invertirá (405 *M€*) y el que más apoyos públicos recibirá (90 *M€*), aunque se sitúa por debajo de la industria química en términos de ahorro energético (414 *ktep* en el año 2012). El ahorro energético acumulado entre 2004 y 2012 es de 1.610 *ktep*.

El carácter de las medidas de eficiencia energética en las que invertirá el subsector es más diverso que el expuesto en el caso de la industria química. La participación de las medidas prioritarias (aquellas que no precisan de apoyos a la inversión) resulta mayor, tanto en términos de ahorros energéticos como de inversiones, pero la participación de las denominadas medidas complementarias no ha disminuido en la misma proporción. Es decir, no sólo la relación $M€/ktep$ es más favorable en el subsector químico, tanto para uno como para otro tipo de medidas, sino que la diferencia de esta ratio entre ambos tipos de medidas (prioritarias o complementarias) resulta mucho mayor en el caso de la industria química. Estas comparaciones parecen ilustrar el hecho de que, a pesar de que el subsector de la alimentación posee el mayor potencial de reducción del consumo energético dentro del sector industrial, los esfuerzos inversores del mismo para acercarse a este potencial deben ser mayores, en términos relativos, que en el caso de la industria química. De hecho, y tal y como se ha comentado anteriormente, es el subsector que más apoyos a la inversión recibe, un 19% del total de apoyos públicos recibidos por el sector industrial en su conjunto.

Asimismo, el papel de las medidas horizontales resulta ser menos protagonista. Existe un importante número de medidas en procesos productivos específicos del subsector y de cada una de las ramas que en él se incluyen, llegando a concentrar el 34% de la inversión y el 29% de los ahorros energéticos previstos para este subsector. Además, la aparición de nuevos procesos productivos resta mayor protagonismo a las medidas horizontales; estas nuevas tecnologías absorben un 9% de la inversión en el subsector y generan el 11% del total de ahorros energéticos del subsector. En definitiva, casi la mitad (43%) del total de la inversión a realizar por este subsector será absorbida por medidas únicamente aplicables en el mismo, por lo que el dinamismo que demuestre será determinante para que se promueva el desarrollo e implantación de tecnologías más eficientes en términos energéticos.

2.1.3. Subsector minerales no metálicos (CNAE-93 / 26)

Entre las actividades que se incluyen en este sector se encuentran algunas de las más intensivas en energía, como son la fabricación de cemento, vidrio, cal, yesos y otros materiales muy empleados como materia prima en el sector de la construcción. Este

sector mantiene una estrategia activa de reducción del consumo energético y de utilización de residuos y subproductos como combustible (valorización energética de residuos) para reducir el consumo de recursos no renovables, importante vía de mejora de la eficiencia energética utilizable en este sector. Las grandes cifras de la **E4** para este sector nos indican que se invertirán en él 155 M€ para obtener un ahorro energético de 373 ktep en el año 2012 (1.420 ktep acumulado entre 2004 y 2012), recibiendo además para ello unos apoyos públicos que ascienden a 43 M€.

Los ahorros energéticos asociados a las medidas prioritarias (aquellas que no precisan de ayuda económica para que sean instaladas) generan un 78% de los ahorros energéticos, no llegando a suponer un 50% del total de inversión. Estas cifras dan una idea del potencial de reducción del consumo energético que posee este subsector en relación con el esfuerzo para alcanzarlo; sin duda el hecho de que sean industrias con un alto consumo de energía por unidad de valor añadido explica que la relación M€/ktep favorezca la inversión del subsector en eficiencia energética.

Por otra parte, tanto los ahorros energéticos, como la inversión y los apoyos públicos se concentran en las medidas de mejora de procesos específicos del subsector. La participación en las medidas de carácter horizontal se situarían en segundo lugar (29 y 26%, en términos de ahorros energéticos e inversión, respectivamente), mientras que los nuevos procesos adquieren un carácter marginal (2 y 4%, respectivamente).

2.1.4. Subsector siderurgia y fundición (CNAE-93 / 27XX²)

Este subsector industrial, también muy intensivo en el uso de la energía, ha prestado un interés especial, durante los últimos años, al objetivo de reducir su consumo energético. Aún así, es el tercer sector industrial con mayor potencial de reducción del consumo de energía (IDAE, 2004); la **E4** prevé una reducción del consumo de energía en 405 ktep en el año 2012 (1.646 ktep acumulado entre 2004 y 2012). Para ello se invertirán 167 M€ y se percibirán 25 M€ en concepto de apoyos públicos.

² La nomenclatura de la clasificación CNAE-93 asociada al subsector industrial siderurgia y metalurgia se ha indicado como 27XX para diferenciarla del subsector metalurgia no férrea (27YY).

Quizás este esfuerzo del subsector durante los últimos años por reducir su consumo de energía explique que todas las inversiones y ahorros se destinen a medidas complementarias, aquellas cuya baja tasa de rentabilidad hace que la Administración pública deba destinar apoyos financieros para que las empresas las adquieran. La explicación a este hecho puede radicar en que el sector ha agotado las opciones tecnológicas más rentables y que se precisa del apoyo público para que se profundice en la mejora de la eficiencia energética del sector. No obstante, con una cuantía de apoyos públicos similar o menor que la percibida por los subsectores tratados en anteriores líneas, se consigue una reducción importante del consumo energético, por lo que resulta especialmente interesante apoyar al subsector para conseguir estos ahorros energéticos.

De forma adicional, de nuevo tanto las inversiones en eficiencia energética como los ahorros energéticos y los apoyos públicos se concentran de forma prácticamente exclusiva en las denominadas medidas de mejora de procesos, con carácter, por tanto, exclusivo del sector. En concreto, la *E4* propone para el subsector de la siderurgia la obtención de acero mediante el empleo de energía eléctrica en lugar de térmica; para el subsector de la fundición férrea, la mejora y/o sustitución de los hornos de tratamiento.

2.1.5. Otros subsectores industriales

Los cuatro subsectores industriales expuestos anteriormente concentran alrededor del 90% de las inversiones y gasto público destinado a la inversión de eficiencia energética en el sector industrial, así como más del 90% de los ahorros acumulados del sector industria entre 2004-2012. Por lo tanto, y tal y como se indicará explícitamente en la descripción de los criterios para el diseño muestral (v. *Capítulo 3*), el presente estudio se centra en el estudio de los citados subsectores industriales, permitiendo de esta manera concentrar la muestra en aquellas actividades con mayor participación en los objetivos y esfuerzos globales de la *E4*.

Los otros subsectores industriales con mayor participación en el esfuerzo inversor global del sector industria son:

[1] Pasta, papel e impresión (CNAE-93 / 21 y 22). Este subsector absorbe una proporción importante de apoyos públicos a la inversión (más del 10% del total del sector industrial); las inversiones no llegan al 4%, mientras que los ahorros apenas superan el 1,3% sobre el total del sector industrial (95 *ktep* de ahorro acumulado entre 2004 y 2012). La mayor parte de las inversiones y de los ahorros asociados se deben a la instalación de medidas de mejoras de proceso y de carácter complementario, de ahí el importante peso de los apoyos públicos con respecto a los ahorros energéticos conseguidos.

[2] Metalurgia no férrea (CNAE-93 / 27YY). Las cifras relativas de este subsector respecto al sector industrial son similares a las del sector anterior. Sin embargo, el 70% de los ahorros energéticos se consiguen mediante tecnologías horizontales y de carácter prioritario, sin que sean necesario apoyos públicos a la inversión. Los apoyos públicos recibidos por el subsector suponen un 6% del total del sector industrial, mientras que apenas consiguen el 2% de los ahorros totales del conjunto de actividades industriales (156 *ktep* entre 2004 y 2012).

[3] Madera, corcho y muebles (CNAE-93 / 20). Este subsector comparte, en esencia, las características anteriormente comentadas para el subsector de pasta, papel e impresión. Cabe añadir una proporción importante, en términos de ahorros, inversiones y apoyos públicos, atribuibles exclusivamente a nuevos procesos productivos del sector.

[4] Transformados metálicos (CNAE-93 / 28, 89, 30, 31 y 32). De nuevo, es un subsector que concentra sus inversiones y ahorros energéticos exclusivamente en medidas de carácter complementario, aunque en este caso los apoyos públicos a la inversión suponen un 2% del total recibido por el sector industria, proporción sensiblemente menor a lo percibido por los otros tres subsectores industriales anteriormente mencionados.

2.2. El sector transporte en la E4

Con un consumo de 31.953 *ktep* (casi el 40% del consumo total de energía final) en el año 2000, el transporte se configura como el sector con mayor consumo de energía de la economía española. Además de ser el sector económico que más energía consume es el que más ha incrementado su consumo en las últimas décadas; en concreto, un 23% desde 1995 (IDAE, 2003). Asimismo, el índice de intensidad energética del sector se ha incrementado a un ritmo del 1,1% anual en la década de los noventa, como resultado de un importante incremento tanto de la movilidad de pasajeros como de mercancías y del desplazamiento de la demanda hacia vehículos de mayor cilindrada y, por tanto, mayor consumo (*ibid.*). De forma adicional, el 99% de la energía consumida por el sector transporte procede del petróleo; únicamente en el sector ferrocarril aparece una fuente alternativa a este combustible fósil (la electricidad), con un consumo de 362 *ktep* en el año 2000 (algo más del 1,1% del consumo total del sector). Esta polarización del consumo hacia un único combustible se explica por la importancia del transporte por carretera, ya sea de pasajeros (90,08%) o de mercancías (82,29%), modo de transporte con escasos sustitutivos a los derivados del petróleo (gasolina y gasoil) como combustibles.

Como principal sector consumidor de energía, el transporte concentra también la atención de la **E4**. En concreto, el sector, invirtiendo 2.134 M€, conseguirá unos ahorros energéticos acumulados entre 2004 y 2012 de 21.187 *ktep* (un 50% del total de ahorros de la **E4**), gracias, por otra parte, a unos apoyos públicos de 418,5 M€.

Las medidas que la Estrategia contempla para el sector transporte son clasificadas como:

[I] Cambio modal. Este conjunto de medidas tiene un carácter central, suponiendo un porcentaje importante de los apoyos públicos (70,3%), de la inversión (100%) y de los ahorros energéticos (41,9%). Un porcentaje importante tanto de los esfuerzos inversores (2.000 M€) como de los apoyos públicos (1.800 M€) y de los ahorros energéticos (3.703 *ktep* entre 2004 y 2012) conseguidos se asocian al diseño de Planes

de Movilidad Urbana en ciudades de más de 100.000 habitantes, propuestos y promovidos por la Administración General del Estado pero implementados por la Administración Local. En segundo lugar en importancia (por esfuerzo inversor y ahorros conseguidos) aparecen los Planes de transporte para empresas, a implantarse progresivamente en empresas con más de 200 trabajadores durante los próximos diez años con el objetivo de reducir el número de viajes en coche casa-trabajo. El resto de medidas promueven un cambio en los modos de transporte hacia medios colectivos y ferroviarios (transporte de viajeros) y el transporte marítimo (mercancías).

[2] Uso eficiente de los medios. Este conjunto de medidas apuestan por la promoción de comportamientos y aptitudes de los ciudadanos y empresas a la hora de hacer uso del transporte en su actividad diaria (gestión de flotas, conducción eficiente, etc.). A esta promoción no se le asocia ninguna inversión, concentrándose el esfuerzo de gasto en apoyos públicos mediante campañas informativas, básicamente. Sin embargo, el ahorro energético atribuible a este conjunto de medidas asciende a 5.582 *ktep* entre 2004 y 2012, lo que supone un porcentaje importante, tanto de los ahorros atribuibles al sector transporte (26,6%) como del total de la Estrategia (13%).

[3] Mejora de la eficiencia energética. Estas medidas, que podrían calificarse como tecnológicas (pero con evidentes reservas), se basan en la clasificación de los vehículos atendiendo a criterios de consumo energético, la promoción de su uso y, por último, la sustitución del parque móvil más antiguo y menos eficiente en términos energéticos. Para ello se destinarán 39,8 *M€* en concepto de apoyos públicos, consiguiéndose un ahorro energético acumulado entre 2004 y 2012 de 6.614 *ktep*.

Como principal sector consumidor de energía, el sector transporte asume un protagonismo especial dentro de la *E4* para alcanzar el objetivo de reducir el consumo energético. De hecho, un 50% de los ahorros totales previstos por la *E4* se deben a este sector, destinando para ello apenas un 9% de la inversión total de la Estrategia (la construcción de infraestructuras, por ejemplo, no se computa entre las inversiones asociadas a la *E4*) y absorbiendo un 21% de los apoyos públicos. Gran parte de los

ahorros energéticos asociados al sector transporte (69%) y, por tanto, a la totalidad de la **E4** (34%) se asocian a un cambio en el comportamiento de los ciudadanos y las empresas a la hora de moverse y desplazarse.

El ahorro energético atribuible a la renovación de vehículos de transporte (ya sean de carretera, aéreos o marítimos), que asciende a 6.614 *ktep*, se consigue asumiendo una inversión nula en esta sustitución; se destinan a ello casi 40 *M€* en concepto de apoyo público, pero no se contabilizan los gastos en los que tanto particulares como empresas incurrirán al adquirir vehículos más eficientes en términos energéticos. En el caso del sector industrial se ha contabilizado tanto los apoyos públicos que el sector recibirá como el esfuerzo inversor que en tecnologías más eficientes en términos energéticos deberá hacer el sector; sin embargo, este criterio no ha sido aplicado en el estudio del sector transporte.

2.3. El sector de los servicios públicos en la E4

La Estrategia incluye dentro del sector servicios públicos únicamente al alumbrado público y a las instalaciones relacionadas con la potabilización, abastecimiento y depuración de aguas residuales. En el año 2000, el consumo energético de estas actividades ascendió a 591 *ktep*, apenas un 0,7% del total de consumo de energía final (IDAE, 2004).

La **E4** asume una inversión de 871 *M€* en este sector, unos apoyos públicos de 61 *M€* y unos ahorros energéticos acumulados entre 2004 y 2012 de 581 *ktep*. Es, por tanto, un sector económico de escasa participación en los objetivos cuantitativos de la **E4** (ahorros energéticos, inversión y apoyos públicos); de forma adicional, la ratio entre ahorros e inversiones es menos favorable que en otros sectores anteriormente comentados, aunque el hecho de que sean instalaciones de carácter público hace que los criterios de rentabilidad de la inversión sean diferentes a los aplicables en otros sectores de carácter esencialmente privado, como la industria.

El subsector del alumbrado público, en el que se incluyen la iluminación de carreteras, viales, calles y alumbrado ornamental, posee en un 95% (en términos de consumo) titularidad local (ayuntamientos, esencialmente) y supuso un consumo energético de 261 *ktep* en el año 2000.

El subsector de potabilización, abastecimiento y depuración de aguas residuales también posee en su gran mayoría titularidad pública. En el año 2000, su consumo energético ascendió a 330 *ktep*.

Las medidas contempladas por la **E4** aplicables a este sector tienen también carácter tecnológico, apoyado por medidas normativas que induzcan hacia la inversión en estas tecnologías. La sustitución de lámparas por otras más eficientes, la regulación de la intensidad luminosa y la instalación de relojes astronómicos programables son algunas de las medidas aplicables al subsector iluminación; por su parte y dentro del subsector de tratamiento de aguas, se proponen medidas como la regulación de los motores o del nivel de oxígeno en aireación de depuradoras.

A pesar de la identificación de estos dos subsectores, la **E4** no expone información desagregada en esos mismos términos sino que tanto los ahorros energéticos como la inversión asociada se desglosa atendiendo a actuaciones sobre instalaciones nuevas y existentes. El grueso de la inversión se destina a la mejora de las instalaciones existentes (704 *M€* frente a 167 *M€*), concentrándose de la misma forma los ahorros energéticos en éstas.

2.4. El sector de la transformación de la energía en la E4

En este sector se incluyen tres actividades (refino, generación de energía eléctrica y cogeneración) que por las diferencias existentes entre sí serán tratadas de forma individualizada en los siguientes epígrafes. Las cifras globales del sector hablan de 929 *M€* de inversión por los que se consigue un ahorro energético anual de 1.494 *ktep* en el año 2012, gracias, por otra parte, a unos apoyos públicos que ascienden a 115 *M€*.

2.4.1. Subsector de refino

El consumo energético del sector refino es esencialmente térmico y ascendió, en el año 2001, a 4.863 *ktep*. Los ahorros energéticos previstos por la **E4** atribuibles a este subsector ascienden a 577 *ktep* en el año 2012, con una inversión de 149 *M€* y unos apoyos públicos de 21 *M€*. Al igual que ocurría en el sector industria y en sus correspondientes subsectores, las medidas contempladas por la Estrategia pueden clasificarse en medidas horizontales y de mejora en procesos. En el caso del subsector refino, la participación de ambos tipos de medidas es equivalente en términos de inversiones y ahorros energéticos: las medidas horizontales suponen 77 *M€* y consiguen un ahorro energético de 290 *ktep* en el año 2012.

2.4.2. Subsector de generación de energía eléctrica

Dentro de las actividades de generación de energía eléctrica, la **E4** plantea objetivos de eficiencia energética únicamente para aquellas acogidas al Régimen ordinario, es decir, tecnologías térmicas convencionales, hidroeléctrica y nuclear. En conjunto, y mediante medidas esencialmente de mejora de los procesos productivos, las inversiones en eficiencia energética del sector ascenderán a 567 *M€*; mediante estas inversiones, junto con unos apoyos públicos de 66 *M€*, se conseguirá un ahorro energético de 767,5 *ktep* en términos de energía primaria.

Estos ahorros energéticos, que en términos de energía eléctrica ascenderán a 3.098 *GWh*, se consiguen mayoritariamente por la inversión en mejora de los procesos productivos propios de las centrales de generación de energía eléctrica; en concreto, estas medidas concentran el 94% de las inversiones y el 93% de los ahorros energéticos del subsector.

Por último, cabe mencionar que gran parte de la mejora de eficiencia energética que el subsector de generación de energía eléctrica experimentará en la próxima década se debe a la instalación de 14.800 *MW* de nuevas centrales de producción eléctrica mediante ciclos combinados de gas natural. No obstante, esta mejora no es atribuible a la **E4** y como tal no se evalúa en la misma, desde el momento en el que estas

inversiones ya están incluidas en el escenario base, definido por Ministerio de Economía (2002).

2.4.3. Subsector de cogeneración

En primer lugar, la cogeneración constituye por sí misma una medida de eficiencia energética, es decir, las inversiones propuestas por la **E4** en el marco de este subsector no se centran tanto en la mejora de las instalaciones existentes sino en la instalación de nuevos equipos de cogeneración

Son las industrias de materiales de construcción y agroalimentarias las actividades que más instalaciones de cogeneración poseen en nuestro país; entre ambas suman el 50% de la capacidad instalada. Otros sectores con instalaciones de cogeneración son los subsectores industriales del papel, químico y textil y el sector de refino de petróleo. En el año 2000 existían 4.945 *MW* instalados de sistemas de cogeneración, que generaban 17.018 *GWh* de energía eléctrica, un 7% de la energía eléctrica producida en España.

La instalación de nuevos sistemas de cogeneración entre 2004 y 2012 se estima en 1.700 *MW*, concentrados esencialmente en el sector industrial (1.400 *MW*). Esta nueva instalación supondrá un ahorro de 150 *ktep* en el año 2012 en términos de energía primaria y precisará de 213 *M€* de inversión y 28 *M€* en concepto de apoyos públicos. Estas cifras (ahorro e inversión) hacen referencia únicamente a las plantas ya operativas; la inversión necesaria para ampliar a 17.000 *MW* la potencia instalada no está computada.

2.5. El sector de la edificación en la E4

En el año 2000 el consumo del sector edificios ascendió a 14.491 *ktep*, casi un 18% de la energía final consumida en España. A consideración de la **E4**, este sector atiende únicamente a las instalaciones fijas de los edificios (calefacción, agua caliente, climatización, etc.), dejando para el sector residencial el equipamiento (cocina, electrodomésticos, ofimática, etc.). El 75% del consumo total de las viviendas se asocia

a estas instalaciones fijas: 47,2% se debe a la calefacción, 20,4% a la producción de agua caliente y 7,2% a la iluminación (IDAE, 2004).

El sector de la edificación concentra gran parte de los esfuerzos de la Estrategia: se destinarán 13.837 M€ a la inversión en eficiencia energética (el 57% del total de inversión estimado por la *E4*) y 577 M€ en concepto de apoyos públicos, para conseguir un ahorro energético acumulado entre 2004 y 2012 de 6.811 *ktep* (un 16% de los ahorros energéticos previstos por la Estrategia).

Las medidas aplicables al sector han sido diferenciadas en atención a su aplicación sobre nuevos edificios y edificios ya existentes. Las medidas contempladas para el parque nuevo de viviendas y comercios se reducen a la aplicación de la Directiva 2002/91/CE; para ello, se precisarán 5.505 M€ de inversión, 1,8 M€ de apoyos públicos y se conseguirá un ahorro energético acumulado entre 2004 y 2012 de 2.342 *ktep*. El esfuerzo inversor es ligeramente mayor en el caso del sector terciario (servicios) (3.082 M€), aunque el ahorro total acumulado es también ligeramente menor (1.034 *ktep*). La aplicación de la citada Directiva, aun siendo una herramienta normativa, se materializa en la adopción por parte del sector (en este caso, la construcción) de “tecnologías” o técnicas y materiales de construcción que mejoran la eficiencia energética de los nuevos edificios; es decir, podría calificarse como una medida tecnológica.

La mejora de la eficiencia energética en los edificios existentes, ya sean residenciales o comerciales, se consigue mediante medidas esencialmente tecnológicas: renovación de calderas de calefacción, iluminación y rehabilitación de la epidermis del edificio, entre otras. Una parte importante tanto de la inversión (60,2%) como de los ahorros energéticos (65,6%) del sector, así como la práctica totalidad de los apoyos públicos (99,7%), se deben a estas medidas sobre edificios existentes. De esta forma, puede concluirse que algo más del 10% de los ahorros energéticos estimados por la *E4* se asocian a la inversión en eficiencia energética en edificios ya existentes, absorbiendo para ello un tercio (34%) del esfuerzo inversor estimado por la Estrategia.

2.6. El sector residencial en la E4

Tal y como se ha indicado en el epígrafe anterior, dentro del sector residencial se incluyen los consumos correspondientes a electrodomésticos, cocinas, aire acondicionado doméstico y equipamiento ofimático de los sectores residencial y terciario. En el año 2000 este sector tuvo un consumo de energía de 3.462 *ktep*, gran parte del cual se debe exclusivamente al sector residencial (3.001 *ktep*). A pesar de que este consumo apenas alcanza el 5% del consumo de energía final del país, el aumento del equipamiento de las viviendas con la generalización de algunos electrodomésticos (lavavajillas, microondas, ordenador) y la reciente penetración en el mercado de otros (congelador independiente, secadora de ropa) vaticinan un consumo de energía creciente en el sector.

La *E4* presume una reducción del consumo de energía en el sector, entre 2004 y 2012, de 2.450 *ktep* respecto al escenario base. Para ello se invertirán 1.646 *M€*, ascendiendo a 220 *M€* los apoyos públicos a la inversión. Las medidas propuestas para ello se centran casi exclusivamente en la generalización en el uso de electrodomésticos con el etiquetado energético Clase A. Para ello se destinarán fondos al emprendimiento de campañas de promoción y acuerdos voluntarios con los distintos agentes de mercado, entre otros, con el fin de que en el año 2012 estos electrodomésticos más eficientes en términos energéticos alcancen una cuota de mercado del 40%. En la actualidad es la lavadora el electrodoméstico con mayor porcentaje de penetración de la Clase A y apenas llega al 30% del total del parque; el lavavajillas, apenas superando el 10%, sería el siguiente en la lista, mientras que el parque de esta clase para electrodomésticos como la secadora o el congelador es prácticamente inexistente.

2.7. El sector de la agricultura y pesca en la E4

La participación del sector de la agricultura en el consumo de energía del país alcanza el 6,3% en términos de energía final (5.091 *ktep*), porcentaje, por otra parte, en retroceso. Las fuentes de energía se reducen al empleo de derivados del petróleo y, en

mucha menor medida, de electricidad; la participación del gas y de las energías renovables es mínima en este sector.

La *E4* plantea unos ahorros energéticos del sector, acumulados entre 2004 y 2012, que ascenderían a 1.738 *ktep*; para ello se destinarán 3.001 *M€* en concepto de inversión y 93 *M€* de apoyos públicos. La rentabilidad económica de las medidas propuestas (renovación del parque de tractores, fundamentalmente, y migración desde riego por aspersión a riego localizado) es escasa y los apoyos públicos son mínimos, por lo que la inversión en eficiencia energética de este sector plantea serias dudas.

2.8. Síntesis de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012

En el *Cuadro 1* de la página siguiente se expone un resumen de las cifras contenidas en la *E4*, comentadas en páginas previas para cada uno de los sectores y subsectores.

Aunque los apoyos públicos de la *E4* ascienden a 2.010 *M€*, en el *Cuadro 1* la cifra total únicamente alcanza los 1.966 *M€*. Los restantes 44 *M€* se deben a medidas que podríamos denominar de acompañamiento, no atribuibles a ningún sector o subsector y sin ahorros energéticos asociados pero que la *E4* considera ineludibles para alcanzar los objetivos planteados.

Cuadro 1. Cuadro-resumen de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012

Sector	Subsector	Inversión (M€)	Ahorro energético 2004-2012 (ktep)	Ahorro energético anual 2012 (ktep/año)	Apoyos públicos (M€)
Industria	Industria química	367,9	2.000	421,9	44,1
	Alimentación, bebidas y tabaco	405,3	1.610	414,3	89,9
	Minerales no metálicos	154,8	1.420	372,6	42,8
	Siderurgia y fundición	167	1.646	405	25
	Otros subsectores	111,83	558,84	139,35	73,09
	Desarrollo y demostración	474	1.987,16	596	207
	Total	1.680,83	9.222	2.349,15	481,89
Transporte		2.134	21.187	4.747	418,5
Servicios públicos		871	581	154	61
Transformación de la energía	Refino	149	-	576,5	21
	Generación electricidad	567	-	767,5	66
	Cogeneración	213	-	150	28
	Total	929	-	1.494	115
Edificación	Edificios nuevos	5.505	2.342	679	1,8
	Edificios existentes	8.332	4.469	1.094	575
	Total	13.837	6.811	1.773	576,8
Residencial		1.646	2.450	409	220
Agricultura y pesca		3.001	1.738	348	93
TOTAL		24.097,83	41.989	11.274,15	1.966,19

Fuente: Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (Ministerio de Economía, 2003a)

2.9. Conocimiento de la E4 por parte de los agentes involucrados

El conocimiento que los agentes involucrados muestren de la *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012* tendrá evidentes repercusiones sobre el grado final de consecución de los objetivos planteados por la misma. El presente

proyecto, cuyo trabajo de campo se desarrolló poco más de un año después de la publicación del documento final por parte del Ministerio de Economía (en junio de 2003 ya se publicó un documento de trabajo para su discusión, que sufrió escasas modificaciones antes de su publicación definitiva en noviembre del mismo año), se configura como una oportunidad para evaluar, siquiera de forma tentativa, el conocimiento que los potenciales inversores en eficiencia energética tienen del marco establecido por la *Estrategia*. Como se ha desarrollado a lo largo del presente capítulo, si bien el principal esfuerzo inversor que contempla la *E4* proviene del sector privado, la Administración pública, por su actividades en campañas de promoción y dotación de recursos financieros para la superación de barreras a la inversión, jugará un importante papel en la consecución de los objetivos planteados.

El marco establecido por la *E4* se configura alrededor de la evaluación del potencial de ahorro energético de cada sector económico. La identificación de las tecnologías que permitirán alcanzar este potencial de ahorro energético se conjuga con ayudas financieras que, en concepto de superación de barreras a la inversión, se plantearon con el objetivo de elevar la rentabilidad de las medidas menos coste-efectivas y que resulten atractivas desde el punto de vista tanto financiero como económico.

El valor de que los distintos sectores conozcan el documento elaborado por el Ministerio de Economía surge, en primer lugar, como resultado de la identificación sectorial de tecnologías que permiten reducir el consumo energético; posteriormente, del grado de rentabilidad que presenta cada una de ellas y, finalmente, del régimen de ayudas para que aquellas menos coste-efectivas superen una evaluación desde el punto de vista empresarial.

Tabla 2.1: Conocimiento de la E4 por sectores económicos (%)

Sector		Conoce la E4	No conoce la E4	Nº observ.
Sectores inversores	Alimentación, bebidas y tabaco	11,1	88,9	18
	Industria química	26,7	73,3	15
	Minerales no metálicos	60,0	40,0	5
	Metalurgia	11,1	88,9	9
	Transporte viajeros carretera	6,3	93,8	32
	Transporte mercancías carretera	18,8	81,3	32
	Transporte por ferrocarril	0,0	100,0	2
	Produc. distrib. energía eléctrica	100,0	0,0	1
	Refino de petróleo	66,7	33,3	3
	Activ. generales Admón. local	57,1	42,9	21
	Total	23,9	76,1	138
Sectores productores	Edificación	33,8	66,2	65
	Industria / Equipamiento residen.	23,1	76,9	13
	Industria / Otros	31,3	68,8	16
	Total	31,9	68,1	94
TOTAL		27,2	72,8	232

Fuente: Ministerio de Economía, 2003

La Tabla 2.1 recoge el conocimiento que cada sector económico potencial inversor y productor de medidas de eficiencia energética tienen de la E4. Como resultado global, debe destacarse el generalizado desconocimiento que muestran las empresas de los distintos sectores económicos consultados, ya fueran inversores o productores de medidas de eficiencia energética: alrededor de una cuarta parte de las empresas consultadas manifestaron no conocer la E4, porcentaje que se acerca al tercio cuando de los sectores productores hablamos.

Tres de los cuatro sectores industriales recogidos en la *Tabla 2.1* (alimentación, bebidas y tabaco, industria química y metalurgia) presentan un porcentaje de conocimiento de la *E4* especialmente bajo. El restante (minerales no metálicos), quizás debido a su elevado gasto energético, expone uno de los mayores conocimientos de la *E4* del conjunto de sectores consultados.

A pesar del escaso número de observaciones, parece totalmente lógico que la industria eléctrica muestre el más elevado conocimiento de la *E4*, tanto por el interés por mejorar la eficiencia en su actividad de transformación de diferentes formas de energía en electricidad, como por las posibles repercusiones negativas que un menor consumo de energía por parte de la sociedad pueden plantear al sector en forma de reducción del volumen de negocio. La misma circunstancia (y posibles motivos) se da en el sector del refino de petróleo.

Entre los sectores productores de medidas de eficiencia energética se aprecia un ligero mayor conocimiento del documento promulgado por el Ministerio de Economía, aunque sigue haciéndose patente el general desconocimiento del mismo.

Para terminar este análisis del nivel de conocimiento de los agentes implicados en la *E4*, en la *Tabla 2.2* se muestra un análisis de este aspecto, para los sectores inversores en eficiencia energética, en función del tamaño de la empresa. Existe un mayor conocimiento del documento por aquellas empresas mayores de 50 empleados, aunque el porcentaje de empresas que manifiestan conocer a la *E4* no llega al 30%.

Tabla 2.2: Conocimiento de la E4 por tamaño empresarial (%)

Tamaño de la empresa	Conoce la E4	No conoce la E4	Nº observ.
Menos de 50 empleados	17,24	82,76	58
Más de 50 empleados	28,75	71,25	80
TOTAL	23,91	76,09	138

Fuente: Ministerio de Economía, 2003

A pesar de este desconocimiento generalizado del marco establecido por la *Estrategia*, y tal y como se indica en la *Tabla 2.3*, los distintos sectores económicos realizan, en mayor o menor medida, inversiones para reducir su consumo energético.

Tabla 2.3: Instalación de medidas de reducción del consumo energético (%)

Sector económico	Ha instalado	No ha instalado	Ns/Nc	Nº observ.
Alimentación, bebidas y tabaco	55,6	44,4	0,0	18
Industria química	66,7	33,3	0,0	15
Minerales no metálicos	60,0	40,0	0,0	5
Metalurgia	44,4	55,6	0,0	9
Transporte viajeros carretera	56,3	43,8	0,0	32
Transporte mercancías carretera	37,5	56,3	6,3	32
Transporte por ferrocarril	50,0	50,0	0,0	2
Produc. distrib energía eléctrica	100,0	0,0	0,0	1
Refino de petróleo	100,0	0,0	0,0	3
Activ. generales Admón local	76,2	23,8	0,0	21
TOTAL	56,5	42,0	1,4	138

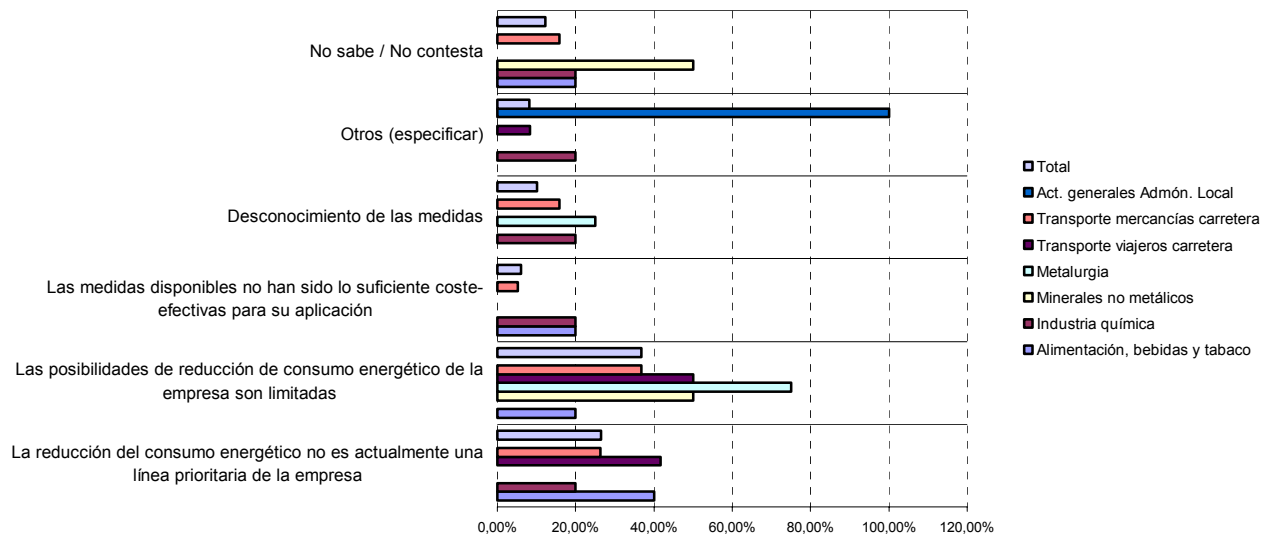
Fuente: Ministerio de Economía, 2003

De la información expuesta en la anterior tabla, cabe destacar el menor porcentaje de empresas del sector metalúrgico que invierten en eficiencia energética, a pesar del elevado consumo de energía que precisa este tipo de industria. La información expuesta por la *Tabla 2.3* se complementa con los datos relativos a los motivos que explican que las empresas no inviertan en eficiencia energética, recogidos en el *Gráfico 2.1*. El sector de la metalurgia manifiesta el escaso margen de reducción del consumo energético que tiene, fruto de las masivas inversiones en este sentido que este sector realizó en décadas previas (Ministerio de Economía, 2003a).

Gran parte de las empresas consultadas explican el hecho de no invertir en eficiencia energética aduciendo un escaso margen de reducción del consumo energético (fruto del escaso conocimiento de las medidas instalables en cada sector propuesto por la *E4*) y

una despreocupación respecto a las posibilidades de reducir este consumo; para gran parte de los sectores consultados, quizás como consecuencia de la escasa proporción que la factura energética tiene sobre el total de gastos empresariales, la reducción del consumo de energía no está actualmente entre los objetivos a conseguir. Sin duda, los bajos precios de la energía (bajos respecto a otros factores de producción) explican esta actitud, que a su vez se encuentra detrás del incremento de la intensidad energética que la economía española ha experimentado en la última década especialmente.

Gráfico 2.1: Motivos que explican la falta de inversión en eficiencia energética (%)



Fuente: Ministerio de Economía, 2003

2.10. Conclusiones

La *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012* establece un marco cuyo objetivo es incentivar las inversiones que permitan reducir el consumo de energía manteniendo la producción de los distintos sectores económicos. Para cada sector y subsector, la *E4* identifica una serie de medidas de eficiencia energética actualmente disponibles y propone un esquema de ayudas financieras para que aquellas medidas menos rentables mejoren su ratio coste-beneficio.

Las medidas de mejora de la eficiencia energética propuestas por la **E4** tienen un carácter esencialmente tecnológico. Únicamente en el sector transporte se proponen algunas medidas que suponen cambios del comportamiento (cambio modal, por ejemplo), además de existir una serie de medidas de acompañamiento transversales a todos los sectores económicos, basadas en la promoción y educación de la sociedad hacia una mayor conciencia sobre la contención en el consumo de energía.

La **E4** centra su esfuerzo financiero en la promoción de la eficiencia energética en el sector edificación, mediante la mejora del aislamiento térmico en viviendas, ya sean edificaciones ya existentes o de nueva construcción; en concreto, un 57% del esfuerzo financiero se destina a este sector, que únicamente consigue un 16% del total de ahorros energéticos estimados por la **E4**.

Otro frente importante en el que la **E4** centra un volumen importante de inversión es en el sector industrial. En concreto, cuatro sectores industriales (minerales no metálicos, siderurgia y fundición, industria química y alimentación, bebidas y tabaco) centran el 90% del total de inversión en el sector industrial.

Por último, existe, tras algo más de un año desde su publicación, un elevado desconocimiento de la *Estrategia* por parte de los sectores involucrados que puede comprometer el cumplimiento de los objetivos planteados. El conocimiento de la **E4** por parte de los sectores potencialmente inversores en eficiencia energética permitiría a los mismos, en primer lugar, encontrar aquellas tecnologías, aplicables a los distintos sectores, que permitirían reducir el consumo de energía; existe, asimismo, un desconocimiento de las mismas que la **E4** podría hacer desaparecer por el exhaustivo ejercicio de identificación de tecnologías de reducción del consumo energético. En segundo lugar, la **E4** establece un sistema de apoyos financieros cuya intención es mejorar la rentabilidad financiera y económica de aquellas medidas identificadas menos rentables.

3. ANÁLISIS METODOLÓGICO

Para la consecución de los objetivos planteados por el presente estudio (percepciones empresariales sobre la influencia de la *E4* y las inversiones en eficiencia energética en aspectos como la creación de empleo, la productividad y la competitividad) se procedió, en primer lugar, a una revisión de la literatura del ramo y, como valor añadido del presente estudio, a la realización de encuestas a inversores y productores de medidas de eficiencia energética.

La revisión de la literatura sobre los distintos aspectos estudiados en el presente proyecto permite obtener un marco de estudio en el que posteriormente presentar los resultados obtenidos en la realización del trabajo de campo (encuestas) y obtener conclusiones propias al respecto. Las relaciones entre eficiencia energética, empleo (Wade *et al.*, 2000) y productividad (Worrell *et al.*, 2003) han sido ampliamente estudiadas por la literatura; el conocimiento de estos trabajos y del marco operativo que muestran se hace ineludible en la exposición, valoración y posterior interpretación de los resultados propios. Finalmente, la amplitud del concepto de competitividad merece de un tratamiento extenso y preciso, apoyado en la mejor literatura disponible, sobre el significado del término y el establecimiento de un marco de estudio sobre la posible influencia que las futuras inversiones en eficiencia energética tendrán sobre la misma.

El trabajo de campo se estructuró a partir de la formulación de dos cuestionarios distintos a dos grupos objetivos plenamente diferenciados. Esta metodología es la que recomienda el Programa *SAVE* (Wade *et al.*, 2000) y ha sido aplicada en un estudio sobre ahorro energético en España (IDAE, 2000). En una fase del trabajo (la estimación de los efectos directos sobre el empleo asociados a la inversión en eficiencia energética), por ejemplo, esta metodología permite que las empresas informen sobre los efectos que la inversión en medidas de eficiencia energética propuesta por la *E4* tiene sobre los fabricantes o productores de medidas de eficiencia energética. Sin embargo, el presente estudio presta atención no sólo a la estimación de la creación de empleo por unidad de inversión en eficiencia energética (como lo hace Wade *et al.*, 2000 e IDAE, 2000), sino que también aporta información de primera

mano (de las empresas y otros agentes económicos) respecto a otros beneficios no energéticos asociados, a saber, efectos sobre la productividad y la competitividad de la empresa.

Los objetivos de cada uno de los cuestionarios son los siguientes:

- El **cuestionario general** busca estimar las inversiones en eficiencia energética y sus efectos sobre la productividad, competitividad, etc. del agente económico consultado.
- El **cuestionario a productores** de medidas de eficiencia energética aporta información para estimar los efectos sobre el empleo asociado a la mayor venta (y, por tanto, producción) de medidas de eficiencia energética.

El tamaño muestral obtenido es de 138 entrevistas positivas para la aplicación del cuestionario general y de 95 entrevistas para la del cuestionario a productores, lo que en términos estadísticos supone asumir un margen máximo de error del $\pm 8,5\%$ y del $\pm 10,3\%$, respectivamente, para las distribuciones totales, trabajando con un margen de confianza del $95,5\%$, con $p=q=50\%$, en el supuesto de muestreo aleatorio simple.

El trabajo de campo fue realizado durante el mes de enero de 2005. El sondeo se realizó mediante entrevista telefónica con cuestionario precodificado. La duración media de las encuestas se situó entre 10 y 12 minutos.

Los criterios de selección de la muestra deben permitir que el cuestionario se dirija a aquellas empresas, tipo de empresas y sectores económicos relevantes para la estimación de la creación de empleo y de los beneficios no energéticos (mejora de la productividad y competitividad empresarial) asociados a la inversión en eficiencia energética.

A priori, pueden existir varios criterios para la elección, en primer lugar, de los sectores que resultan de especial interés para el estudio de las relaciones entre eficiencia energética y éstos beneficios no energéticos (empleo, productividad, etc.). El criterio

base sobre el cual se construye el diseño muestral empleado es la inversión en eficiencia energética contemplado por la *E4*, ponderado atendiendo a criterios específicos como el potencial de creación de empleo. Adicionalmente se utilizan criterios de localización geográfica y de tamaño de las empresas. Este diseño muestral se diferencia atendiendo a los dos grupos mencionados arriba.

3.1. Cuestionario general

Como se ha indicado, el objetivo de este cuestionario es estimar los efectos percibidos sobre la creación de empleo, la productividad y la competitividad del mismo sector inversor. El diseño de la muestra se establece a partir del tamaño de inversión en eficiencia energética ponderado por el potencial de generación de efectos sobre la productividad y la competitividad. Con el fin de enriquecer la posterior interpretación de resultados, se añadió el criterio geográfico de localización de las empresas consultadas.

3.1.1. Criterio de esfuerzo inversor

La *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012* (Ministerio de Economía, 2003a) ofrece datos sobre esfuerzo inversor para siete grandes sectores económicos (industria, transporte, edificación, residencial y terciario, servicios públicos, transformación de la energía y agricultura). Sin embargo, a efectos de mejora de la productividad y competitividad, los sectores de edificación y residencial y terciario no deberían computar; una mayor eficiencia energética en los sectores edificación y residencial y terciario no tendría efectos sobre la productividad y la competitividad de los mismos (especialmente si se establece el supuesto básico de que se mantienen los niveles de confort, reduciendo el consumo de energía). De forma adicional, caben algunas dudas sobre la idoneidad de incluir al sector agrícola en el análisis. La escasa participación de este sector en la economía nacional podría constituirse como la razón fundamental; por otra parte, la rentabilidad de la inversión en eficiencia energética en este sector es de las más bajas de todos los sectores contemplados en la *E4* y apoyos financieros desde la Administración (en forma de

ayudas para la superación de barreras) no alteran esta escasa rentabilidad. Es decir, es escasamente probable que el sector invierta en eficiencia energética.

De esta forma, el universo de muestreo del cuestionario general fue delimitado para los sectores industria, transporte, transformación de la energía y servicios públicos; la *Tabla 3.1* recoge las proporciones de base, relativas a la inversión contemplada por la *E4*, sobre las que se fue concretando el diseño muestral. Dentro de cada uno de estos grandes sectores económicos, excepto en el caso de los servicios públicos, se identificaron distintos subsectores, también de acuerdo a las inversiones en eficiencia energética que la *E4* espera de cada uno de ellos (v. *Capítulo 2*):

- **Subsectores industriales.** Alimentación, bebidas y tabaco, industria química, minerales no metálicos y metalurgia.
- **Subsectores del sector transporte.** Transporte de viajeros por carretera, transporte de mercancías por carretera y transporte (de viajeros y mercancías) por ferrocarril.
- **Subsectores del sector de la transformación de la energía.** Producción y distribución de energía eléctrica y refino de petróleo.

Tabla 3.1: Inversión y gasto público contemplado en la E4, sin incluir los sectores edificación, residencial y terciario y agricultura (millones de €)

		Industria	Transporte	Serv. Públ.	Tran. ener.
Inversión privada		1.491	301	771	651
Inversión pública		0	1.628	0	0
Gasto público	Apoyos financieros	427	216	54	0
	Superación barreras	1	180	0	104
	TOTAL	428	396	54	104
TOTAL		1.919	2.325	825	755
% sobre el total E4		22,23%	26,94%	9,56%	8,75%

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

3.1.2. Criterio geográfico

Además del criterio de esfuerzo inversor de cada sector productivo, la muestra se distribuye incluyendo criterios geográficos con el fin de enriquecer el análisis de los datos y conocer la distribución espacial de la inversión en eficiencia energética y sus efectos. Las distintas regiones de España poseen diferentes tejidos productivos y, por tanto, la inversión en eficiencia energética y los beneficios no energéticos asociados a la misma (objetivo principal del presente estudio) pueden concentrarse, o tener efectos más intensos, en algunas regiones en concreto. Este análisis geográfico de la inversión en eficiencia energética y sus efectos derivados (creación de empleo y mejora de la productividad y de la competitividad empresarial) permitirá también aproximarse a una evaluación del encaje que la política inversora de la **E4** tiene dentro de las políticas de desarrollo regional y convergencia entre regiones establecidas en el ámbito de la Unión Europea.

La financiación de las regiones europeas a través de los llamados Fondos Estructurales se articula, atendiendo a la renta *per capita* de la región con respecto a la media europea, en el establecimiento de regiones *objetivo n° 1*, *objetivo n° 2* y *objetivo n° 3*,

según se indica en el Reglamento (CE) nº 1260/1999 del Consejo, de 21 de junio de 1999, por el que se establecen disposiciones generales sobre los Fondos Estructurales, y modificado por los Reglamentos (CE) nº 1447/2001 y 1105/2003.

El *objetivo nº 1* tiene como finalidad promover el desarrollo y el ajuste estructural de las regiones menos desarrolladas, cuyo PIB medio *per capita* es inferior al 75% de la media de la Unión Europea. Dos tercios del total de los Fondos Estructurales se dedican al *objetivo nº 1* y la población de las regiones incluidas en él supone alrededor de un 20% de la población total de la Unión Europea. En España son nueve Comunidades Autónomas (Galicia, Principado de Asturias, Castilla y León, Castilla-La Mancha, Extremadura, Comunidad Valenciana, Andalucía, Región de Murcia y Canarias) y las dos Ciudades Autónomas (Ceuta y Melilla) las regiones que se engloban dentro del *objetivo nº 1*. Cantabria recibe actualmente una ayuda transitoria, previa a su descalificación como región *objetivo nº 1*.

El resto de regiones españolas (País Vasco, Comunidad Foral de Navarra, La Rioja, Aragón, Cataluña, Islas Baleares y Comunidad de Madrid) se sitúan fuera del *objetivo nº 1* (tienen un PIB medio *per capita* superior al 75% de la media de la UE). Estas regiones reciben financiación europea [1] vía *objetivo nº 2*, de forma puntual en zonas o comarcas concretas de su territorio, con la finalidad de apoyar la reconversión económica y social de las zonas que se hallan en dificultades estructurales y no están incluidas en el *objetivo nº 1*; y [2] vía *objetivo nº 3*, que reúne todas las medidas de desarrollo de los recursos humanos en zonas no incluidas en *objetivo nº 1*.

En este sentido, el criterio geográfico adoptado se basa en la aplicación del cuestionario en dos ámbitos diferenciados: regiones *objetivo nº 1* y regiones *no objetivo nº 1*. Se aplicó una distribución muestral asimétrica que se aproximó a los porcentajes de 60% de la muestra relativa al cuestionario general a regiones *objetivo nº 1* y el restante 40% a regiones *no objetivo nº 1*. El tejido industrial de las primeras, más disperso entre otras características, y el hecho de que la UE destine fondos para el desarrollo regional de estos territorios justifican una mayor dimensión de la muestra a las regiones *objetivo nº 1*. Este criterio

60/40 se aplicó únicamente al sector industrial; al sector servicios públicos se aplicó un reparto 50/50.

Una vez definidos los grupos de regiones a los que se aplicó el cuestionario, resulta conveniente definir de forma más concreta la muestra, con el fin de tener en cuenta el tejido económico predominante de las regiones.

Para ello se empleó la Encuesta Industrial Anual de Productos (EIAP) del año 1998, proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) y que permite realizar este ejercicio de definición de la muestra de forma precisa y adecuada a los fines del estudio (v. *Tabla 3.3*).

Las encuestas dirigidas a los sectores de transporte y transformación de la energía no se desagregaron atendiendo a criterios geográficos.

En el caso del transporte por ferrocarril, el hecho de que existan dos únicas empresas (RENFE y FEVE) limita de forma muy acusada el universo de muestreo. Por otra parte, y en el caso del transporte por carretera, el hecho de que el 70% de la inversión en eficiencia energética provenga de la inversión pública y las características de las medidas propuestas por la *E4* (las propuestas de cambio modal también suponen un 70% sobre el total del coste de superación de barreras) indujeron a aplicar la encuesta a nivel nacional, sin segmentación de la muestra por criterios geográficos. El cuestionario se aplicó en un 50% a empresas dedicadas al transporte por carretera de mercancías y de viajeros.

Tabla 3.2: Producto Interior Bruto (PIB) absoluto y per capita de las regiones de España y clasificación de las mismas en regiones objetivo nº 1 y regiones NO objetivo nº 1

	Comunidad Autónoma	PIB 1998 (millones de €)	PIB per capita 1998 (€)
Regiones NO objetivo nº 1	Madrid	90.829	18.065
	Navarra	9.215	17.422
	Cataluña	99.774	16.468
	Baleares	12.028	16.323
	País Vasco	33.362	16.244
	La Rioja	3.966	15.285
	Aragón	16.977	14.444
	MEDIA	-	16.321
Regiones objetivo nº 1	Comunidad Valenciana	49.773	12.661
	Canarias	20.106	12.646
	Cantabria	6.587	12.514
	Castilla y León	30.36	12.163
	Asturias	12.592	11.875
	Murcia	12.094	11.019
	Castilla-La Mancha	18.752	10.984
	Ceuta y Melilla	1.495	10.982
	Galicia	28.621	10.536
	Andalucía	68.213	9.490
	Extremadura	8.902	8.239
	MEDIA	-	11.191
España		523.646	13.300

Fuente: EUROSTAT

Tabla 3.3: Valor de la producción de los subsectores industriales con mayor inversión en eficiencia energética, por Comunidades Autónomas y tipos de región (regiones no objetivo nº 1 y regiones objetivo nº 1) (%)

	CNAE 15	CNAE 24	CNAE 26	CNAE 27XX
País Vasco	3,80	4,70	5,40	27,3
Navarra	2,40	0,90	2,20	4,70
La Rioja	3,20	0,30	1,10	0,3
Aragón	3,60	2,50	2,70	2,9
Cataluña	22,90	49,00	15,10	9,1
Baleares	0,70	0,00	1,30	0,00
Madrid	6,50	10,80	7,60	4,8
NO obj. nº1	43,10	68,20	35,40	49,10
Galicia	6,70	1,90	5,00	4,40
Asturias	2,20	1,00	3,20	19,60
Cast. León	10,00	4,10	5,80	2,70
Cast. Manc.	5,60	4,40	6,00	1,00
Extremadura	1,30	0,20	0,80	0,8
Valencia	8,80	8,30	28,70	3,7
Andalucía	14,00	8,00	9,50	13,6
Murcia	4,00	2,00	1,80	0,6
Canarias	2,90	0,00	2,80	0,00
Obj nº 1	55,50	29,90	63,60	46,40
Cantabria	1,40	1,70	1,00	4,4

Nota: CNAE 15: Alimentación, bebidas y tabaco; CNAE: 24: Industria química; CNAE: 26: Minerales no metálicos; CNAE 27XX: Siderurgia y fundición (Metalurgia);

Fuente: Encuesta Industrial Anual de Productos (EIAP) Año 1998

El sector transformación de la energía posee unas características de concentración empresarial (subsectores refino y generación de energía eléctrica) y vinculación con otras actividades productivas (cogeneración) que inducen a consideraciones especiales. El subsector refino se encuentra representado en nuestro país por 10 refinerías,

operadas por tres grandes grupos empresariales: REPSOL-YPF, CEPSA y BP OIL ESPAÑA (Ministerio de Economía, 2003a). Similar circunstancia se da en el subsector generación de energía eléctrica, concentrado en cinco grupos empresariales. En el caso del subsector cogeneración, las instalaciones se encuentran vinculadas al subsector industrial de minerales no metálicos (fabricación de materiales de construcción) (28%) al subsector industrial agroalimentario (22%) y a otros subsectores industriales como el papel, el químico y el textil (Ministerio de Economía, *op. cit.*), aspecto que recoge el cuestionario aplicado. De esta forma, se derivó este porcentaje de la muestra dedicado al sector cogeneración (3% del total de la muestra) al subsector de la siderurgia y la fundición (CNAE 271, 272 y 273), sector industrial muy intensivo en el consumo de energía y que en los últimos años ha realizado fuertes inversiones en eficiencia energética.

3.1.3. Criterios adicionales y diseño muestral definitivo del cuestionario general

Como criterio adicional se empleó el de tamaño de la empresa. Atendiendo a la Recomendación 96/280/CE de la Comisión, de 3 de abril de 1996, sobre la definición de pequeñas y medianas empresas, se segmentó la muestra al 50%, estableciendo como límite entre la pequeña y la mediana y gran empresa el número de 50 empleados.

La aplicación de este criterio en algunos sectores (por ejemplo, en el sector de refino o en el de generación de energía eléctrica) no sería viable, pues todas son grandes empresas. En este caso o en el contrario (es decir, que en cierto sector todas las empresas tengan menos de 50 empleados), todas las encuestas se aplicaron al tamaño empresarial que defina al sector.

En el caso del sector servicios públicos, la muestra se aplicó a ayuntamientos (CNAE 75113) de municipios de más de 50.000 habitantes, debido a la mayor participación de la Administración local en las instalaciones de alumbrado público, potabilización, abastecimiento y depuración de aguas residuales, etc. (*ibid.*).

Tabla 3.4: Diseño muestral final de la encuesta general, desagregado por subsectores, tipos de regiones (regiones no objetivo n° 1 y objetivo n° 1) y tamaño de la empresa, atendiendo a CNAE 93 Revisada

Sector	Subsector	Tamaño empresa	Regiones NO obj. n° 1	Regiones obj. n° 1	TOTAL	
Industria	CNAE 15	Menos de 50 empleados	4,75%	4,5%	9,25%	
		Más de 50 empleados	4,75%	4,5%	9,25%	
	CNAE 24	Menos de 50 empleados	4,75%	1,25%	6%	
		Más de 50 empleados	4,75%	1,25%	6%	
	CNAE 26	Menos de 50 empleados	0,5%	1,25%	1,75%	
		Más de 50 empleados	0,5%	1,25%	1,75%	
	CNAE 271, 272 y 273	Menos de 50 empleados	2,5%	1,5%	4%	
		Más de 50 empleados	2,5%	1,5%	4%	
	Total			25%	17%	42%
	Transporte	CNAE 60212 y 60213	Menos de 50 empleados	9,75%		
Más de 50 empleados			9,75%			
CNAE 6024		Menos de 50 empleados	9,75%			
		Más de 50 empleados	9,75%			
CNAE 60100 y 60211		1%				
Total			40%			
CNAE 75113		Municipios de más de 50.000 habitantes	7%	7%	14%	
Transformac. de la energía	Cogeneración		-			
	CNAE 401		3%			
	CNAE 232		2%			
	Total			5%		
TOTAL			100%			

¹ Porcentaje no aplicable, derivado al subsector industrial CNAE 271, 272 y 273.

Nota: CNAE 15: Alimentación, bebidas y tabaco; CNAE: 24: Industria química; CNAE: 26: Minerales no metálicos; CNAE 271, 272 y 273: Siderurgia y fundición (Metalurgia); CNAE 60212 y 60213: transporte de viajeros por carretera; CNAE 6024: transporte de mercancías por carretera; CNAE 60100 y 60211: transporte por ferrocarril; CNAE: 75113: Actividades generales de la Administración local; CNAE 401: Producción y distribución de energía eléctrica; CNAE 232: Refino de petróleo

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

Finalmente, el subsector de transformación de la energía generación de energía eléctrica se encuentra sobre-representado en la muestra, desde el momento en el que son únicamente cinco empresas (Iberdrola, Endesa, Unión Fenosa, Hidroeléctrica del Cantábrico y Viesgo), agrupadas en la asociación UNESA, las empresas que producen energía eléctrica en España. El diseño muestral finalmente aplicado y obtenido en la realización de la encuesta tiene en cuenta este tipo de contingencias que modifican, siempre en un grado menor, el diseño muestral teórico recogido en la *Tabla 3.4*.

Este conjunto de criterios y modificaciones dan como resultado el diseño muestral teórico que se recoge en la *Tabla 3.4*. Por último, la *Tabla 3.5* refleja el número de encuestas resultante del trabajo de campo, desagregado por sector, subsector, tamaño de la empresa y localización geográfica de la misma.

Tabla 3.5: Número de encuestas realizadas en la encuesta general, desagregado por subsectores, tipos de regiones (regiones no objetivo nº 1 y objetivo nº 1) y tamaño de la empresa, atendiendo a CNAE 93 Revisada

Sector	Subsector	Tamaño empresa	Regiones NO obj. nº 1	Regiones obj. nº 1	TOTAL	
Industria	CNAE 15	Menos de 50 empleados	6	6	12	
		Más de 50 empleados	5	1	6	
	CNAE 24	Menos de 50 empleados	6	2	8	
		Más de 50 empleados	5	2	7	
	CNAE 26	Menos de 50 empleados	1	2	3	
		Más de 50 empleados	0	2	2	
	CNAE 271, 272 y 273	Menos de 50 empleados	3	1	4	
		Más de 50 empleados	3	2	5	
	Total			29	18	47
	Transporte	CNAE 60212 y 60213	Menos de 50 empleados	17		
Más de 50 empleados			15			
CNAE 6024		Menos de 50 empleados	14			
		Más de 50 empleados	18			
CNAE 60100 y 60211		2				
Total			66			
CNAE 75113		Municipios de más de 50.000 habitantes	9	12	21	
Transformación de la energía		CNAE 401 y 232	4			
TOTAL			138			

Nota: CNAE 15: Alimentación, bebidas y tabaco; CNAE: 24: Industria química; CNAE: 26: Minerales no metálicos; CNAE 271, 272 y 273: Siderurgia y fundición (Metalurgia); CNAE 60212 y 60213: transporte de viajeros por carretera; CNAE 6024: transporte de mercancías por carretera; CNAE 60100 y 60211: transporte por ferrocarril; CNAE: 75113: Actividades generales de la Administración local; CNAE 401: Producción y distribución de energía eléctrica; CNAE 232: Refino de petróleo

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

3.2. Cuestionario a productores

La creación de empleo se concentra mayoritariamente, tal y como muestra la literatura, en los sectores productores de las medidas de eficiencia energética en las que los distintos agentes económicos invierten (fabricación de equipamiento y construcción de edificios más eficientes en términos energéticos, por ejemplo).

La muestra sobre la que se ejecutará este cuestionario debe recoger aquellos sectores que se vean más afectados por la inversión en eficiencia energética del resto de la economía. Tanto la literatura sobre creación de empleo por inversión en eficiencia energética como la propia *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012* ofrecen información al respecto y permiten orientar el diseño de la muestra atendiendo, básicamente, a dos criterios: potencial de creación de empleo por unidad de inversión y volumen total de la inversión.

3.2.1. Criterio de potencial de creación de empleo

Uno de los criterios que debe orientar el diseño muestral es el potencial que cada sector económico muestra a la hora de crear empleo por unidad de gasto en eficiencia energética. En este sentido, Wade *et al.* (2000) nos ofrecen información al respecto:

El **sector residencial** es el que posee mayor ratio en relación al número de empleos creados por unidad de gasto; esta relación varía entre alta y medio-alta dependiendo del tipo de medida que se estudie: mayor creación de empleo de las medidas tipo fiscales y medio-alto en medidas de regulación. En todo caso, parecen ser medidas poco coste-efectivas.

En el caso del **sector comercial y público**, la creación de empleo por unidad de gasto es menor que en el sector residencial. Mientras que las medidas de información y educación son más coste-efectivas, las ganancias de empleo por unidad de gasto total son bajas; en el caso de medidas fiscales, las ganancias de empleo son marginalmente mejores, pero se quedan en un rango medio.

El *sector industrial* se presenta con unos ratios de generación de empleo por unidad de gasto público y total bajos, reflejo de que algunas medidas, promovidas por incentivos fiscales, hubieran tenido lugar igualmente, manteniendo a cambio, y en general, una relación coste-beneficio buena.

En conclusión, el sector residencial posee el mayor ratio de creación de empleo por unidad de gasto, seguido del sector comercial y público y, por último, del industrial. Sin embargo, la relación coste-beneficio de las inversiones en eficiencia energética muestra la tendencia inversa. Puede concluirse que en aquellos sectores donde la inversión en eficiencia energética resulta menos coste-efectiva, la generación de empleo por unidad de gasto y/o inversión es mayor.

3.2.2. *Criterio de volumen de inversión*

Teniendo en cuenta que el marco en el que se sitúa el presente proyecto es la *E4*, resulta necesario ampliar esta información atendiendo a los esfuerzos inversores privados que canaliza dicha estrategia. A la hora de aplicar los resultados de Wade *et al.* (2000) al caso que nos ocupa (la *E4*), surge una dificultad: la definición de los sectores de la economía es distinta.

En el caso de Wade *et al.* (*op. cit.*), la economía es dividida en tres sectores: residencial, comercial/servicios públicos e industrial. En el caso de la *E4*, el número de sectores se amplía a siete (residencial y terciario, industria, transporte, transformación de la energía, agricultura, servicios públicos y edificación) y las equivalencias no son estrictamente directas, aunque la desagregación de los datos es posible. La *Tabla 3.6* expone qué sectores y subsectores de la *E4* se englobarían dentro de los sectores contemplados por Wade *et al.* (2000), mientras que en la *Tabla 3.7* aparecen ya las cifras de inversión (privada y pública) y gasto público correspondientes a estos sectores ya agregados.

Tabla 3.6: Agregación de sectores de la E4 atendiendo a la clasificación expuesta por el Programa SAVE (Wade et al., 2000)

Programa SAVE (Wade et al., 2000)	Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4)	
	Sector	Subsector
Sector residencial	Edificación	Usos domésticos
	Terciario y residencial	Usos domésticos
Sector comercial/público	Edificación	Comercio, servicios y AA.PP.
	Terciario y residencial	Comercio, servicios y AA.PP.
	Servicios públicos	
	Transporte	
Sector industria	Industria	

Fuente: Elaboración propia a partir de Wade et al. (2000) y Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012

Tabla 3.7: Inversión y gasto público contemplado en la E4 atendiendo a los sectores identificados en Wade et al. (2000) (millones de €)

		Sector residencial	Sector comercial/SS.PP/ transporte	Sector industria	TOTAL
Inversión privada		6.975	7.523	1.491	15.988
Inversión pública		0	1.628	0	1.628
Gasto público	Apoyos financieros	228	553	427	1.208
	Superación barreras	210	181	1	393
	Total	439	734	428	1.601
TOTAL		7.414	9.885	1.919	19.217

Fuente: Elaboración propia a partir de Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (Ministerio de Economía, 2003a) y Wade et al. (2000)

La Tabla 3.7 ha sido elaborada a partir de la información proporcionada por la misma E4, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- El sector de transformación de la energía no se incluye en esta desagregación, pues se vería afectado de forma muy distinta (destrucción de empleo por menor consumo energético del resto de sectores).
- El sector transporte ha sido incluido en el sector comercial/público (una proporción importante de las inversiones tienen carácter público y el sector transporte podría considerarse como una actividad comercial).
- La literatura sobre eficiencia energética y creación de empleo no contempla las inversiones en eficiencia energética en el sector agrícola, de escasa importancia en la economía nacional. Además, tal y como se ha comentado previamente, las inversiones del sector en eficiencia energética son escasamente rentables.

Una vez procesados y ordenados los datos, resulta ya posible indicar la proporción de la muestra que debería hacerse para cada sector económico. La estimación del porcentaje de inversión y gasto que representa cada sector respecto al total podría considerarse el criterio más idóneo; de Wade *et al.* (2000) se desprende la importancia de la relación inversión/creación de empleo, por lo que incorporar el esfuerzo inversor relativo que se destina a un sector económico en el diseño de la muestra permitirá que la estratificación de la misma recoja de forma más adecuada la creación de empleo asociada a la inversión en eficiencia energética. La *Tabla 3.8* muestra estos porcentajes sobre la inversión total contemplada por la *E4*, mientras que la *Tabla 3.9* recoge el diseño muestral finalmente aplicado.

Tabla 3.8: Proporción sobre el total de la inversión y del gasto público contemplado en la E4 atendiendo a los sectores identificados en Wade et al. (2000)

		Sector residencial	Sector comercial/SS.PP/transporte	Sector industria
Inversión privada		43,63%	47,05%	9,32%
Inversión pública		0,00%	100,00%	0,00%
Gasto público	Apoyos financieros	18,91%	45,77%	35,33%
	Superación barreras	53,54%	46,19%	0,28%
	Total	27,40%	45,87%	26,73%
TOTAL		38,58%	51,44%	9,98%

Fuente: Elaboración propia a partir de Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (Ministerio de Economía, 2003a) y Wade et al. (2000).

3.2.3. Criterios adicionales y diseño muestral definitivo del cuestionario a productores

Los ratios sectoriales de generación de empleo por millón de euros invertido que nos proporciona Wade et al. (2000) inducen a que la representación del sector residencial sea mayor en la muestra; de esta forma, garantizaríamos que se recoge en mayor proporción y con mayor exactitud los efectos de la inversión en eficiencia energética en la creación de empleo.

Esta conclusión se ve reforzada por el hecho de que el sector residencial absorbe una proporción importante de la inversión total en eficiencia energética, por lo que puede concluirse que el empleo generado por estas inversiones será mayoritario o, al menos, representará una proporción importante sobre el total. Sin embargo, el sector comercial/público también debe de encontrarse bien representado en la muestra, pues aunque el ratio de empleos por millón de euros invertido debe considerarse medio-bajo, recibe una mayor proporción de las inversiones totales. El sector industria debería estar menos representado, aunque a continuación se matizarán estas conclusiones.

Si bien puede considerarse que son los sectores residencial y comercial aquellos que más empleo generarán, no hay que ignorar el hecho de que una proporción importante de estas inversiones se deben a la edificación o reformas que se hacen en los hogares y locales comerciales, *sensu lato*. En el caso del sector residencial, un 77,3% de las inversiones en el mismo se deben a medidas asociadas al sector edificación (contemplado en la *E4*), es decir, a la construcción de viviendas más eficientes en términos energéticos o la realización de obras y mejoras en las ya existentes; en el caso del sector comercial, prácticamente el 100% de las inversiones se deben a este tipo de actuaciones. El resto (especialmente en el caso del sector residencial, es decir, un 22,7% de las inversiones en el mismo) se asocian a la sustitución de equipamiento doméstico (electrodomésticos con menor consumo energético, etc.).

Es decir, los sectores que generarán empleo por las inversiones en eficiencia energética en los sectores residencial y comercial serán el sector de la construcción y sectores asociados al mismo (fabricantes de ventanas o aislantes, etc.), en mayor proporción, y fabricantes de equipamientos (aire acondicionado, calderas, iluminación etc.) en segunda instancia. Por lo tanto, son estos sectores sobre los que deberá incidir el cuestionario a la hora de estimar la creación de empleo.

El hecho de que el sector edificación se vea afectado por las inversiones en eficiencia energética de los sectores residencial y comercial permite agrupar su representación en la muestra y, de esta forma, derivar algunas encuestas a sectores que estarían menos representados. De esta forma y atendiendo tanto al potencial de creación de empleo como a las inversiones que lo generarán, la muestra deberá tener las siguientes proporciones:

- El 60% del total de encuestas a productores de medidas de eficiencia energética se realizarán a empresas constructoras, atendiendo al volumen de negocio.
- El 40% de las encuestas se realizarán a productores de equipamiento residencial, terciario e industrial más eficiente en términos energéticos (electrodomésticos, calderas, aire acondicionado, otro tipo de maquinaria, etc.).

- Un 50% de las encuestas a productores (un 20% del total de encuestas) se realizarán a fabricantes de electrodomésticos y otros tipo de equipamiento residencial. El resto, a fabricantes de equipamientos industriales (hornos, calderas, etc.).

Tabla 3.9: Diseño muestral de la encuesta a productores de medidas de eficiencia energética

	Sector edificación	Sector industrial	
		Eq. resid.	Otros
Porcentaje inversiones totales	81,24%	8,76%	9,98%
Porcentajes ponderados por el potencial sectorial de creación de empleo			
(sector residencial: alto; sector comercial: medio; sector industrial: bajo)			
Porcentaje de muestra para cada sector	60%	20%	20%

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

Respecto a la desagregación atendiendo a criterios geográficos, y recurriendo, en este caso, a la Contabilidad Regional de España Base 1995 y, en concreto, a la macromagnitud del Valor Añadido Bruto a precios básicos por ramas de actividad (y a precios constantes), puede afirmarse que el sector de la construcción se distribuye de forma homogénea (45 y 55%) entre ambos tipos de regiones, por lo que la muestra se segmentará al 50% entre regiones *no objetivo n° 1* y regiones *objetivo n° 1*. Los sectores industrial de equipamiento residencial e industrial otros concentran su actividad de forma mayoritaria en las regiones *no objetivo n° 1* (75% y 70%, respectivamente, de la actividad de cada sector). De esta forma, el diseño muestral para la encuesta a productores queda según se muestra en el *Tabla 3.10*.

Tabla 3.10: Diseño muestral de la encuesta a productores de medidas de eficiencia energética, desagregado por sectores y tipo de regiones (regiones no objetivo n° 1 y regiones objetivo n° 1)

Sector		Regiones NO obj. n° 1	Regiones obj. n° 1	TOTAL
Edificación		30%	30%	60%
Industrial	Equipamiento residencial	15%	5%	20%
	Otros	14%	6%	20%
TOTAL		59%	41%	100%

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

De la misma forma que en el caso de la encuesta a potenciales inversores en eficiencia energética (cuestionario general), la muestra se segmentará de forma trasversal (es decir, para cada sector y tipo de región) en pequeñas empresas y medianas y grandes empresas, estableciendo como límite el número de 50 empleados. De nuevo, en caso de que este criterio de diferenciación del tamaño de la empresa no pueda ser aplicado debido a la configuración de determinado sector, se determinará aplicar el total de las encuestas al tamaño empresarial existente.

Tabla 3.11: Número de encuestas realizadas en la encuesta a productores, desagregado por subsectores, tipos de regiones (regiones no objetivo n° 1 y objetivo n° 1) y tamaño de la empresa

Sector		Tamaño de la empresa	Regiones NO obj. n° 1	Regiones obj. n° 1	TOTAL
Edificación		Menos de 50 empleados	19	23	42
		Más de 50 empleados	14	10	24
		Total	33	33	66
Industrial	Equipamiento residencial	Menos de 50 empleados	6	0	6
		Más de 50 empleados	7	0	7
	Otros	Menos de 50 empleados	7	3	10
		Más de 50 empleados	5	1	6
	Total		25	4	29
TOTAL			58	37	95

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

4. LA CREACIÓN DE EMPLEO POR INVERSIONES EN EFICIENCIA ENERGÉTICA

4.1. Marco político e institucional europeo de mejora de la eficiencia energética y creación de empleo

La creación de empleo ha sido desde hace tiempo un importante objetivo de la política supranacional de la Unión Europea; otro tanto puede decirse de España o, incluso, de cualquier otro país, europeo o no. Fruto de esta preocupación nace el *Libro Blanco sobre Crecimiento, Competitividad y Empleo* (EC, 1993).

Este documento, que surge con la intención de establecer las bases para el desarrollo sostenible de la Unión Europea, el incremento de la competitividad de la misma y la creación de los empleos que la economía europea precisa, realiza una reflexión sobre las causas del deterioro ambiental y de la competitividad europea y del ascenso de los niveles de desempleo. Concluye con una serie de recomendaciones genéricas sobre el futuro modelo de desarrollo y crecimiento económico que se debe de implementar en los países de la Unión; entre ellas, y en una situación central entre los mecanismos políticos a nivel sectorial, puede encontrarse la propuesta de un nuevo modelo energético, basado en la gestión de la demanda y en la diversificación de las fuentes de energía. Las políticas energéticas de los distintos países de la UE han adoptado estas dos grandes bases. Y, entre sus efectos, está, obviamente, la creación de empleo.

Ante este trasfondo político de preocupación por el modelo energético de la UE y de sus países miembros y de la necesidad de creación de empleo a nivel continental, la Comisión Europea creó en la década de los noventa el Programa *SAVE I*³. Nacido con el objetivo de reducir la intensidad energética en un 20% entre 1986 y 1995, intentó reactivar el objetivo de reducir este parámetro ante un escenario marcado por los desincentivos hacia la mejora de la eficiencia energética motivados por la reducción de los precios internacionales del petróleo. Los resultados de este primer esfuerzo europeo no fueron los esperados: la intensidad energética mejoró únicamente un 12%, con una participación importante en esta mejora de efectos estructurales ajenos al propio

³ http://europa.eu.int/comm/energy/en/pfs_save_en.html

Programa (E.V.A., 2000). Por otra parte, el componente legislativo de las medidas desarrolladas desde el Programa *SAVE I* se mostró como una herramienta fácil de implementar y con efectos importantes (*ibid.*).

La continuación de la política europea de mejora de la eficiencia energética se plasmó en el Programa *SAVE II*, a desarrollar en sus inicios entre 1996 y 2000 y posteriormente prorrogado hasta 2002. El enfoque de esta segunda edición del Programa *SAVE* apuesta por un componente legislativo menos importante y con una dotación económica consecuentemente mayor, destinada a la realización de estudios y actividades relacionadas que permitan implementar y completar la legislación comunitaria. Entre estos estudios se encuentra la evaluación de los impactos sobre el empleo derivados de la inversión en eficiencia energética (Wade *et al.*, 2000), que posteriormente presentaremos y estudiaremos en profundidad.

Finalmente, la *Decisión n° 1230/2003/CE del Parlamento y del Consejo, de 26 de junio de 2003, por la que se adopta un programa multianual de acciones en el ámbito de la energía: “Energía inteligente –Europa” (2003-2006)*, apuesta por converger los distintos programas desarrollados dentro de la Unión Europea en el marco de la energía (*SAVE*, *ALTENER* y, hasta cierto punto, *SINERGY*) en un único programa (“*Intelligent Energy for Europe*”⁴); de esta forma, la promoción de la eficiencia energética (*SAVE*), de las energías renovables (*ALTENER*) y la cooperación internacional en el ámbito de la energía (*SYNERGY*, rebautizado como *COOPENER*), junto con el área de aspectos energéticos del transporte (*STEER*), configuran las cuatro áreas de este nuevo Programa. De esta forma se pretende aprovechar las sinergias entre los distintos componentes de la política energética europea y asegurar la acción coordinada del conjunto.

⁴ http://europa.eu.int/comm/energy/intelligent/index_en.html

4.2. Eficiencia energética y empleo: revisión de antecedentes

Los estudios *National and Local Employment Impacts of Energy Efficiency Investment Programmes* (Wade et al., 2000) y *Eficiencia energética y empleo: El impacto sobre el empleo de las actuaciones en eficiencia energética en España y la Unión Europea* (IDAE, 2000), desarrollados en el marco del citado Programa *SAVE II*, se constituyen como referentes, a nivel europeo y español respectivamente, de los estudios sobre creación de empleo por inversiones en eficiencia energética. Ambos estudios se nutren de otros estudios *satélites*, orientados cada uno de ellos a cubrir las demandas que finalmente permitieron alcanzar el objetivo central de estimar los efectos sobre el empleo asociados a las inversiones en eficiencia energética.

Estos efectos sobre el empleo asociados a la inversión en eficiencia energética tienen distinta naturaleza e, incluso, signo (IDAE, 2000):

- ***Efecto directo*** sobre el empleo, derivado de la adquisición de equipamientos y/o servicios de mejora de la eficiencia energética. Este empleo se crea en las industrias o empresas productoras de estos bienes o servicios.
- ***Efecto indirecto*** sobre el empleo de otros sectores productivos, asociado al incremento de la demanda de ciertos bienes y servicios intermedios necesarios para la producción de los bienes y servicios energéticamente eficientes.
- ***Efecto derivado del ahorro energético***. El menor consumo de energía por unidad de producción asociado a la mejora de la eficiencia energética puede llevar asociado una destrucción de empleo en los sectores productores y suministradores de energía.
- ***Efecto derivado de las modificaciones del presupuesto de las familias y empresas***. Tanto el esfuerzo inversor en eficiencia energética como los ahorros conseguidos modifican el presupuesto de las empresas, industrias y familias y, por tanto, la demanda de las mismas. Si los cambios en el consumo se orientan hacia bienes cuya producción es más intensiva en mano de obra, se creará empleo.
- ***Efecto derivado de las modificaciones del presupuesto público***. El presupuesto público destinado a la promoción de la eficiencia energética no podrá ser destinado

a otros usos y/o sectores. El signo de este efecto dependerá de la eficiencia que la política de promoción de la eficiencia energética tenga sobre la creación de empleo. Como algunos autores apuntan (Caprós *et al.*, 1999), la creación de empleo por inversiones en eficiencia energética resulta, aunque positiva, de escasa magnitud. La posible existencia de políticas con mayores efectos positivos sobre el objetivo de creación de empleo inducen a aventurar el signo negativo de este efecto.

Esta clasificación del impacto sobre el empleo permite una identificación exhaustiva de los distintos mecanismos por los que se destruye y crea empleo en los distintos sectores afectados, de forma directa o indirecta, por la inversión en eficiencia energética, en nuestro caso. No resulta tan importante conocer el empleo generado por la consecución del objetivo de una menor intensidad energética de la economía nacional, como también la destrucción de empleo asociada a un menor consumo de energía por unidad de producción. En definitiva, el objetivo de la estimación de la creación de empleo asociada a la inversión en eficiencia energética no debe ser otro que el de ofrecer una cifra neta de creación (o destrucción) de empleo. Teniendo en cuenta que uno de los objetivos de la UE en el plano económico es la reducción de las tasas de paro y que la política energética debe, entre otros, asumir también este objetivo transversal, otro enfoque resultaría parcial y poseería menos valor como un elemento más de la información a constituirse potencialmente como un *input* en el diseño de políticas.

La exigencia de obtener cifras de creación de empleo en términos netos introduce un nivel adicional de complejidad en la estimación. La información relativa a los recursos necesarios para llevar a cabo los proyectos de inversión puede obtenerse mediante un análisis empírico o mediante la realización de encuestas a inversores y productores. Por otra parte, los efectos de “desplazamiento” deben basarse en datos secundarios relativos al mercado energético y a los sectores que entran en competencia por los factores de producción. Finalmente, los efectos indirectos precisan, al menos, de un análisis dentro de un marco *input-output*.

La metodología empleada por Wade *et al.* (2000), como no podría ser de otra forma, recoge todas estas consideraciones. El enfoque empleado por el citado trabajo se define

por la aplicación secuencial de distintas metodologías, a saber: **[1]** estudio sistemático y riguroso de *estudios de caso*, referidos a programas de eficiencia energética propuestos por los distintos países miembros de la UE y participantes en el estudio (nivel *micro*); **[2]** *modelos input-output*, que se nutren de la información proporcionada por los estudios de caso y permiten estimar los impactos de carácter indirecto e inducido que la inversión en eficiencia energética surgen sobre el empleo (nivel *meso*); y **[3]** *modelo de equilibrio general* (GEM-E3), que evalúa los efectos derivados de la implantación del conjunto de las medidas aplicadas a un país o del conjunto de medidas aplicadas a todos los países incluidos en el análisis (nivel *macro*).

Por otra parte, en este estudio participaron nueve países de la Unión Europea. IDAE (2000) recoge los resultados del estudio que, aplicando la secuencia metodológica comentada, se obtuvieron para España.

4.2.1. Estudios de caso

Los estudios de caso son la base de este estudio de la creación de empleo por inversión en eficiencia energética desarrollado dentro del Programa *SAVE II*. Las modelizaciones posteriores (modelos *input-output* y de equilibrio general) fueron diseñadas para complementar la información proporcionada por estos estudios de caso y extender el análisis a los efectos indirectos e inducidos que sobre el empleo tienen los distintos programas de eficiencia energética estudiados.

La selección de los estudios de caso para cada uno de los países incluidos en el estudio se realizó con la intención de obtener una muestra representativa de los programas que en esta línea (eficiencia energética) se aplican en la Unión Europea y sin prejuicios acerca de los efectos sobre el empleo o la rentabilidad de las medidas. Asimismo, se primó el estudio de aquellos programas ya finalizados o en desarrollo, con el fin de obtener información real más que estimaciones *ex-ante*.

La obtención de la información se realizó mediante la aplicación de distintos cuestionarios y entrevistas telefónicas dirigidas tanto a inversores como a productores o diseñadores de equipos y medidas de eficiencia energética (IDAE, 2000). Mediante

estas encuestas y entrevistas, no solo se obtuvo información cuantitativa sobre creación de empleo directo sino también información cualitativa del mismo (nivel de cualificación, sueldos, etc.).

Los estudios de caso presentados por España dirigen sus inversiones a los sectores de industria, servicios y residencial. La creación de empleo depende del tipo de política de eficiencia energética propuesto [subvenciones del Plan de Ahorro y Eficiencia Energética (PAEE), Programas de Gestión de la Demanda y Financiación Por Terceros] y del sector al que se dirigen, tal y como muestran los siguientes resultados (IDAE, 2000):

- Las subvenciones concedidas por el PAEE al sector servicios exponen una *ratio* de creación de empleos directos de 12 *personas.año/M€*, mientras que para las propuestas para el sector industrial esta *ratio* resulta de 17 *personas.año/M€*.
- Los Programas de Gestión de la Demanda, aplicados al sector industria (*REVEM* y *COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA*) y doméstico (*DOMOLUZ*), presentan, para ambos sectores, una *ratio* de 11 *personas.año/M€*.
- Las *ratios* de creación de empleo directo para los programas de Financiación Por Terceros resultan de 15 *personas.año/M€* (sector industrial) y de 16 *personas.año/M€* (sector doméstico).

4.2.2. Modelos input-output

El empleo de modelos *input-output*, nutridos por la información proporcionada por los estudios de caso, permite rastrear los impactos que la inversión en eficiencia energética tiene sobre todos los sectores económicos afectados. Los equipos y medidas de eficiencia energética consumen una serie de recursos que, al ser proporcionados por otros sectores económicos (construcción de equipamientos, provisión de materias primas, etc.), tienen sus efectos sobre éstos; asimismo, un menor consumo de energía se materializará en un menor volumen de actividad del sector energético nacional, con posibles repercusiones sobre el empleo creado por el mismo.

Los modelos *input-output* se construyen a partir de la información proporcionada por las tablas *input-output* nacionales (que reflejan las relaciones comerciales

intersectoriales), combinada con unas funciones de consumo que permiten conocer hacia dónde se derivará el gasto de determinado sector ante una reducción del consumo (y por tanto, de liberación de recursos económicos o de renta) de cierto bien o servicio.

La disponibilidad de estas funciones de consumo para el caso de España es escasa, así como la disponibilidad de información para su estimación; de hecho, las funciones de consumo empleadas por IDAE (2000) fueron desarrolladas *ad hoc* por Instituto de Predicción Económica L.R. Klein (1999), de la Universidad Autónoma de Madrid. Sin embargo, tanto estas funciones estimadas para el caso español como otras empleadas en otros países dentro del marco del programa *SAVE II* definen únicamente las decisiones de consumo de las familias. Es decir, son aplicables únicamente en el caso de medidas de eficiencia energética instaladas o promovidas en/para el sector residencial.

El modelo *input-output* desarrollado para España que, como decimos, únicamente evalúa los efectos sobre el empleo asociados a las inversiones en eficiencia energética realizadas por el sector doméstico (en concreto, Programas de Gestión de la Demanda), no solo permite obtener una cifra de creación (o destrucción) neta de empleo, sino conocer también el perfil temporal que entre 1995 y 2010 tendrá esta creación (o destrucción) de empleo. De esta forma, se constata una destrucción neta de 900 empleos en el primer año, fruto de la inversión de recursos en un sector (“Otras máquinas y material eléctrico”) poco intensivo en trabajo. En los años siguientes la situación se invierte: surge el *efecto sobre el empleo de los ahorros de energía* (IDAE, 2000), que se explica por un aumento del consumo de bienes y servicios, distintos de la electricidad, más intensivos en trabajo que la producción de ésta.

En total, la creación neta de empleo entre los años 1995-2010 resulta de 3.499 empleos al año (2.003 hombres y 1.496 mujeres).

4.2.3. Modelo de equilibrio general (GEM-E3)

Finalmente, la secuencia metodológica expuesta anteriormente termina con la aportación de la perspectiva internacional, gracias al empleo del modelo de equilibrio

general GEM-E3. Este modelo, modificado para el estudio de los efectos de las inversiones en eficiencia energética en los términos expuestos en Caprós *et al.* (1998 y 1999), fue creado por NTUA (*National Technical University of Athens*) y parcialmente financiado por la Unión Europea. Ha sido utilizado en otros estudios promovidos de la Comisión Europea e incluye a todos los Estados miembros de la UE-15, definiendo las relaciones comerciales entre países miembros así como entre éstos y el resto del mundo.

A efectos de comparación de los resultados proporcionados por esta metodología con respecto a otras, es necesario indicar que, con el fin de que los distintos programas de eficiencia energética nacionales tuvieran efectos a nivel macroeconómico, los datos de inversión en eficiencia energética se han extrapolado a nivel nacional hasta alcanzar un 0,7 ó 2,1% del PIB (Caprós *et al.*, 1999).

Empleando el modelo GEM-E3, se analizaron tres escenarios alternativos (*ibid.*):

- **Escenario 1.** Cada país aplica las políticas de eficiencia energética por él diseñadas, mientras que no se aplica ninguna política en el resto. La aplicación de los programas españoles suponen una creación de empleo en España de 6.740 personas durante el período de inversión y 1.090 a largo plazo; los empleos creados en Europa ascienden a 4.442 personas.
- **Escenario 2.** Los nueve países participantes en el proyecto aplican sus respectivas políticas de eficiencia energética de forma simultánea. En este caso, la creación de empleo en España resulta sustancialmente menor; 200 nuevos empleos durante el período de inversión y 720 a largo plazo.
- **Escenario 3.** En el conjunto de la UE-15 se aplica una política de eficiencia energética común, definida como la media de los distintos programas aplicados en los nueve países participantes. Mientras que en el conjunto de Europa el empleo creado ascendería a 55.190 personas, en España se crearían 1.760 nuevos empleos; Alemania sería el país con un mayor incremento del empleo (12.660), seguida de Francia (9.380), Italia (6.460) y Holanda (2.980). Finalmente y a nivel agregado de la UE-15, las distintas actividades asociadas al sector energético (carbón, petróleo y

derivados, gas natural, electricidad, etc.) resultan ser los sectores más afectados y en los que más empleo se destruye.

4.3. Resultados

El análisis, a través de las encuestas telefónicas, de la creación de empleo asociada a las inversiones en eficiencia energética tiene dos vertientes. En primer lugar, el cuestionario general permite evaluar el posible incremento en la plantilla de las empresas inversoras en eficiencia energética. Por su parte, el cuestionario a productores permite estimar la creación de empleo asociada a la fabricación e instalación de medidas de eficiencia energética. La literatura indica que la mayor proporción del empleo se creará por la fabricación e instalación de las medidas de eficiencia energética, aunque no descarta la necesidad de nueva mano de obra por parte de los inversores.

La *Tabla 4.1* confirma estos resultados aportados por la literatura respecto a los mecanismos de creación de empleo por inversiones en eficiencia energética: un porcentaje cercano al 90% de los inversores en eficiencia energética afirman que no han precisado de nuevos empleados a la hora de operar con las medidas de eficiencia energética adoptadas previamente.

Tabla 4.1: Creación de empleo y cualificación de los nuevos empleados, asociados a la inversión en eficiencia energética (%)

		Baja cualific.	Alta cualific.	Ambas	No	Ns/Nc
Industria	Menos de 50 empleados	7,7	0	7,7	84,6	0
	Más de 50 empleados	0	0	0	83,30	16,7
Transporte	Menos de 50 empleados	0	0	0	100,0	0
	Más de 50 empleados	0	4,8	0	90,5	4,8
Admón local	Más de 50 empleados	6,3	0	0	81,3	12,5
TOTAL		2,6	1,3	1,3	87,2	7,7

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

Existen escasas diferencias entre sectores económicos respecto a la no necesidad de nuevo personal. Las empresas de menos de 50 trabajadores del sector industrial son las que en mayor proporción (un 14%) precisarían de nuevo personal. La *Tabla 4.2* desagrega estos datos por subsectores.

Tabla 4.2: Desagregación por subsectores de las necesidades de nueva mano de obra por inversión en eficiencia energética (%)

	Sí	No	No sabe
Alimentación, bebidas y tabaco	10,0	90,0	0,0
Industria química	0,0	100,0	0,0
Minerales no metálicos	33,3	66,7	0,0
Metalurgia	0,0	100,0	0,0
Transporte de viajeros por carretera	5,6	88,9	5,6
Transporte de mercancías por carretera	0,0	100,0	0,0
Transporte por ferrocarril	0,0	100,0	0,0
Producción y distribución energía eléctrica	0,0	0,0	100,0
Refino de petróleo	0,0	33,3	66,7
Admón. locales	6,3	81,3	12,5
TOTAL	5,1	87,2	7,7

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

Dentro de las actividades industriales, las industrias de alimentación, bebidas y tabaco y minerales no metálicos son las únicas que precisarían de la incorporación de nuevos trabajadores. El porcentaje de empresas de este último subsector industrial que muestra esta necesidad es especialmente significativo (33,3%).

La obtención de ratios de creación de empleo por unidad monetaria de inversión en eficiencia energética no ofrece resultados estadísticamente significativos. Únicamente dos empresas (una del sector transporte de viajeros por carretera y otra del sector minerales no metálicos) ofrecen información conjunta sobre las inversiones en eficiencia energética realizadas y las necesidades de nuevo personal que se generaron

por ello. Por ello, los ratios obtenidos (1,1 y 5,4 *empleados.año/M€*, respectivamente) no disponen de suficiente representatividad estadística.

La fabricación e instalación de los equipamientos necesarios para la reducción del consumo energético se verán impulsadas por un marco de inversiones como el planteado por la *E4*, aumentando su actividad y, por tanto y potencialmente, creando empleo. El cuestionario a productores pretende, precisamente, ofrecer información para evaluar la creación de empleo asociada al incremento de actividad comercial de las actividades económicas proveedoras de tecnologías energéticamente eficientes.

Las actividades comerciales que verán aumentada su actividad de cumplirse los objetivos planteados por la *E4* son el sector de la construcción (edificación), la fabricación de equipamiento residencial y otras industrias de fabricación de maquinaria industrial.

Tabla 4.3: Porcentaje de empresas productoras, por sectores y tamaño empresarial, que precisarían y no precisarían de nuevos trabajadores en caso de incrementarse su facturación en 100.000 € (%)

		Contrataría	No contrataría	Ns/Nc
Edificación	Menos de 50 empleados	25,9	40,7	33,3
	Más de 50 empleados	18,5	22,2	59,3
	Total	22,2	31,5	46,3
Industria / Equipamiento residencial	Menos de 50 empleados	0	75,0	25,0
	Más de 50 empleados	16,7	33,3	50,0
	Total	10,0	50,0	40,0
Industria / Otros	Menos de 50 empleados	16,7	50,0	33,3
	Más de 50 empleados	0	50,0	50,0
	Total	10,0	50,0	40,0
TOTAL		18,9	36,5	44,6

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

En la *Tabla 4.3* se ofrecen los primeros resultados de la encuesta sobre necesidades de nueva mano de obra por incremento de la actividad de cada uno de los sectores afectados. Estos resultados muestran que existe una mayor proporción de empresas productoras que deberían contratar a nuevos trabajadores para aumentar su actividad que empresas inversoras (v. *Tablas 4.1 y 4.2*). Sin embargo, existe en todos los sectores un elevado porcentaje de empresas que no contemplan la contratación de nuevos empleados.

El sector de edificación, que absorbe un 57% del total de la inversión contemplada por la *E4*, es el que más porcentaje de empresas muestra con necesidad de contratar nuevo personal. Los otros dos sectores productores, aunque también el sector de edificación, recurrirían en una importante proporción a la subcontratación de este incremento de actividad (v. *Tabla 4.4*). Este fenómeno de la subcontratación sugiere una creación de empleo no estable y coyuntural, sujeta a las más inmediatas necesidades del mercado.

Tabla 4.4: Porcentaje de empresas productoras que recurrirían a la subcontratación por un incremento de su actividad en 100.000 € (%)

	Subcontrataría	No subcontrataría	Ns/Nc
Edificación	44,4	37,0	18,5
Industria / Equipamiento residencial	50,0	50,0	0
Industria / Otros	40,0	50,0	10,0
TOTAL	44,6	40,5	14,9

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

La estimación de las ratios de creación de empleo ofrece resultados algo más robustos que en el caso de los inversores en eficiencia energética, sobre todo en el sector de edificación, aunque la representatividad estadística, en general, sigue siendo baja. Ocho empresas del sector de la edificación ofrecen una estimación del incremento de plantilla al que tendrían que acceder para afrontar un aumento en su actividad; las respuestas del conjunto de sectores industriales productores de medidas de eficiencia energética son muy escasas (una para cada conjunto de los dos subsectores), en

consonancia con un enfoque basado en el incremento de las subcontrataciones. La *Tabla 4.5* recoge estas ratios de creación de empleo y el número de observaciones disponibles, con el fin de que el lector pueda inferir una idea de la representatividad estadística de los resultados.

Tabla 4.5: Media aritmética de los ratios de creación de empleo en empresas productoras de medidas de eficiencia energética y número de observaciones

	Ratio medio (personas.año/M€)	Número observaciones
Edificación	0,7	8
Industria / Equipamiento residencial	1	1
Industria / Otros	0,1	1
TOTAL	0,67	10

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

El escaso porcentaje de empresas del sector industrial (ya sea equipamiento residencial y otros) que precisaría de nuevo personal en caso de incrementarse su actividad en 100.000 € de facturación y el elevado porcentaje de la inversión total de la *E4* que absorbe el sector edificación permiten obtener la conclusión de que gran parte del empleo creado por las inversiones contempladas por la Estrategia se crearán en este último sector, resultado que Wade *et al.* (2000) también obtienen. En concreto, aplicando el ratio recogido en la *Tabla 4.5* y conociendo la inversión de 13.837 M€ que la *E4* estima que realizará el sector, entre 2004 y 2012 se crearían 87.173 empleos brutos.

Es conveniente hacer explícitas algunas consideraciones a la hora de interpretar esta cifra de creación de empleo:

1. Esta cifra recoge únicamente la creación de empleo asociada al incremento *directo* de actividad del sector edificación, es decir, sin tener en cuenta la actividad subcontratada. Un 44,4% de las empresas de construcción manifiestan que subcontratarían este trabajo adicional.

2. Por la escasa representatividad estadística de los resultados obtenidos para los sectores industriales de fabricación de equipamientos que permiten reducir el consumo de energía, esta cifra no incluye la creación de empleo en estos sectores, que absorberán cerca de un 20% de las inversiones en eficiencia energética contempladas por la *E4*. Por otra parte, entre el 40 y el 50% de las empresas subcontratarían este trabajo.

3. Estos resultados recogen única y exclusivamente la **creación bruta** de empleo. Por ejemplo, como resultado de un menor consumo de energía por unidad de producción, los sectores de producción de energía y actividades asociadas verán reducida su actividad y, por tanto, sus necesidades de mano de obra. Por otra parte, los suministradores de materias primas al sector edificación verán incrementada su actividad. Las relaciones sectoriales únicamente pueden ser abordadas con garantías de solvencia y robustez mediante el empleo de modelos *input-output* o, preferentemente, de modelos de equilibrio general, metodologías que se escapan a los objetivos del presente trabajo.

Además del análisis realizado hasta ahora, también puede resultar interesante estudiar el potencial de creación de empleo que cada tipo de región (*objetivo n° 1* y *no objetivo n° 1*). En primer lugar, en las regiones *objetivo n° 1* existe un sustancialmente mayor porcentaje de empresas que han instalado a sus clientes medidas de eficiencia energética (v. *Tabla 4.7*), si bien es ligeramente menor el porcentaje de empresas que manifiestan haber invertido en reducir su consumo de energía (v. *Tabla 4.6*); este resultado parece mostrar que las inversiones en eficiencia energética tendrán mayores repercusiones en términos de empleo en las regiones *objetivo n° 1*, es decir, aquellas con un PIB *per capita* inferior al 75% de la media de la Unión Europea, aunque esta afirmación será matizada en posteriores páginas.

Tabla 4.6: Empresas que han invertido en medidas de eficiencia que han reducido su consumo de energía, por tipo de región (%)

Tipo de región	Han invertido	No han invertido	Ns/Nc	Nº observac.
Zonas NO objetivo nº1	59,5	39,2	1,4	74
Zonas objetivo nº1	53,1	45,3	1,6	64
TOTAL	56,5	42,0	1,4	138

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

Tabla 4.7: Empresas que han instalado medidas de eficiencia energética a sus clientes, por tipo de región (%)

Tipo de región	Ha instalado	No ha instalado	Ns/Nc	Nº observac.
Zonas NO objetivo nº1	70,7	25,9	3,4	58
Zonas objetivo nº1	89,2	10,8	0,0	37
TOTAL	77,9	20,0	2,1	95

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

De forma adicional, existe un mayor porcentaje de empresas situadas en regiones *objetivo nº 1* que contratarían nuevos profesionales en caso de aumentar su actividad económica (v. *Tabla 4.8*), aunque también es mayor el porcentaje de empresas de este tipo de regiones que subcontratarían este incremento de trabajo (*Tabla 4.9*).

Tabla 4.8: Empresas que contratarían nuevos trabajadores en caso de incrementar su volumen de negocio en 100.000 €, por tipo de región (%)

Tipo de región	Contrataría	No contrataría	Ns/Nc	Nº observac.
Zonas NO objetivo nº1	17,1	39,0	43,9	41
Zonas objetivo nº1	21,2	33,3	45,5	33
TOTAL	18,9	36,5	44,6	74

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

Tabla 4.9: Empresas que subcontratarían las mayores necesidades de trabajo fruto de un incremento en su actividad de 100.000 €, por tipo de región (%)

Tipo de región	Subcontrataría	No subcontrataría	Ns/Nc	Nº observac.
Zonas NO objetivo nº1	41,5	48,8	9,8	41
Zonas objetivo nº1	48,5	30,3	21,2	33
TOTAL	44,6	40,5	14,9	74

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

Estos últimos resultados parecen indicar que la creación de empleo será proporcionalmente mayor en las regiones *objetivo nº 1*, si bien no es posible afirmar que en este tipo de regiones se creará más empleo. Para obtener un resultado sobre este último aspecto, sería necesario asignar geográficamente las inversiones en eficiencia energética contempladas por la **E4**, datos que no son proporcionados por este documento. La diferencia que, en términos de creación de empleo, podría existir entre ambos tipos de regiones dependerá, además de por la información expuesta en tablas anteriores (el porcentaje de empresas en zonas *objetivo nº 1* que crearán empleo es mayor, etc.), de las diferencias en el tejido industrial entre ambos tipos de regiones. Es decir, el porcentaje de empresas que crean empleo puede ser mayor en el caso de las regiones *objetivo nº 1*, pero es posible que el número de empresas que crean empleo sea mayor en las regiones *no objetivo nº 1*. Por tanto, puede concluirse, con las cautelas que el presente estudio merece, que el encaje de la **E4** en las políticas de cohesión territorial promulgadas por la Comisión Europea parece, al menos, parcialmente positivo, pues el incremento del empleo en las regiones más desfavorecidas será proporcionalmente mayor que en el caso de las regiones más “ricas”.

A modo de conclusión, debe reiterarse que las cifras ofrecidas en páginas previas respecto a creación de empleo deben ser manejadas e interpretadas con prudencia. En primer lugar, se refieren únicamente a un sector que, si bien concentra más de la mitad del esfuerzo inversor contemplado por la **E4**, no es el único productor de medidas de eficiencia energética. Por último, y quizás como breve e importante conclusión, la estimación de la creación de empleo asociada a una política pública como la **E4** o

cualquier otra (por ejemplo, y sin abandonar el campo de la energía, de fomento de las energías renovables, ECOTEC, 1999a, b y c) precisa de un marco operativo en el que se tengan en cuenta las relaciones intersectoriales de la economía de la forma más amplia posible para, de esta forma, obtener cifras de creación neta de empleo. Por último, y en el caso de que estos resultados quieran incorporarse al análisis coste-beneficio al que en ciertas ocasiones se someten determinadas políticas públicas, además de emplearse cifras de creación neta de empleo es necesario conocer el valor que la sociedad otorga a un nuevo puesto de trabajo. El siguiente epígrafe se dedicará, precisamente, a la discusión sobre el valor social de la creación de empleo.

4.4. La creación de empleo en términos de bienestar

La literatura comentada en páginas previas muestra que las inversiones en eficiencia energética poseen el potencial de crear empleo. El objetivo de políticas como la **E4** no es éste (crear empleo) sino reducir el consumo de energía o, de forma más precisa, mejorar la eficiencia energética de la economía. Sin embargo, entre los efectos derivados de este tipo de actuaciones se encuentra, entre otros, la creación de empleo. La inclusión de este efecto en el cómputo de costes y beneficios de determinada política pública merece de una serie de consideraciones sin las cuales su tratamiento en términos de bienestar resultaría incompleto o, en el peor de los casos, erróneo.

En primer lugar, los efectos derivados de una política pública de la entidad de la **E4** que estamos estudiando únicamente pueden ser correctamente evaluados mediante un enfoque de equilibrio general. La creación de empleo, como variable macroeconómica, debe estudiarse empleando metodologías que permitan modelar una economía y las múltiples relaciones que entre sus distintos sectores productivos existen. En definitiva, metodologías que permitan evaluar la capacidad de la Estrategia para contribuir al objetivo político de pleno empleo, en nuestro caso. Los modelos *input-output*, como los empleados por Wade *et al.* (2000) e IDAE (2000), son una aproximación al enfoque de equilibrio general necesario para estudiar estas complejas relaciones intersectoriales, pero que presentan una serie de limitaciones ante su incapacidad para incorporar los mecanismos de mercado y procesos de optimización, sus coeficientes fijos (que

implican economías lineales en costes y precios fijos) y la ausencia de variables sociales (O’Ryan *et al.*, 2000).

Los modelos de equilibrio general, sobre los cuales *ibid.* ofrecen un resumen de la literatura en los planos teórico/conceptual y aplicado, tratan de representar lo más fielmente posible la realidad (el flujo circular de la renta ampliado); en ellos se modelizan distintos mercados donde interactúan agentes económicos, estableciendo intercambios reales (factores de producción, bienes y servicios) y monetarios (salarios, renta de capital, pagos por bienes y servicios, etc.) para alcanzar equilibrios de mercado y determinar precios y cantidades. Estos modelos permiten, además, incorporar restricciones estructurales concretas y situaciones de competencia imperfecta en uno o más mercados, por ejemplo, con la intención de reflejar de forma más realista la realidad económica del país o países a los que se aplicará finalmente el modelo. Finalmente, permiten cuantificar la eficiencia económica y los impactos distributivos y ambientales de políticas económicas, sociales y ambientales de forma simultánea.

Sin embargo, a todas estas ventajas es necesario añadir algunas limitaciones (la inversión se determina por el nivel de ahorro y no suelen incorporar aspectos monetarios ni sectores financieros, por ejemplo), pero entre las que cabe destacar, no obstante, las elevadas exigencias documentales que precisa el desarrollo de estos modelos. Es quizás por ello por lo que los ejercicios de este tipo presentes en la literatura son escasos; en el caso de los efectos sobre el empleo de las inversiones en eficiencia energética, Capros *et al.* (1999) se presenta como el estudio de referencia a nivel europeo.

La consideración sobre la idoneidad de estudiar la creación de empleo mediante modelos de equilibrio general no invalida, no obstante, las estimaciones realizadas mediante otras metodologías (máxime ante la dificultad operativa de proceder al desarrollo de aquellos modelos macroeconómicos) sino que llama a la cautela sobre la interpretación de las mismas.

Una vez definido el marco contable mediante el cual resulta conveniente estimar la creación de empleo, a continuación se expone una discusión sobre cómo valorar la creación de empleo. En términos de bienestar, la creación de empleo, como cualquier otro efecto de una política pública, tiene su importancia en cuanto a su capacidad de modificar, en sentido positivo o negativo, el bienestar social. Por lo tanto no cabe preguntarse cuánto empleo es creado por la mejora de la eficiencia energética en nuestro caso, sino qué cambios experimenta el bienestar social por la creación de estos puestos de trabajo.

En sentido estricto, la creación de empleo implica un coste en términos sociales, pues significa que se utilizan recursos en el proyecto. Sin embargo, en una situación como la española, con un nivel de desempleo que ronda el 10% y muy superior a la media de la UE-15, puede surgir (y de hecho, existe en la actualidad en nuestro país) el objetivo social de crear empleo, por lo que, en este caso, cabría plantearse la creación de empleo como beneficio.

Las distorsiones que puede tener el mercado laboral, entre las que cabe destacar el desempleo o la existencia de regulación gubernamental sobre salarios mínimos, impiden valorar un nuevo puesto de trabajo atendiendo a su salario de mercado. En términos de bienestar, cada nuevo empleo debe ser valorado atendiendo al *coste de oportunidad de la mano de obra*, es decir, atendiendo a la mayor retribución posible que la mano de obra empleada en el proyecto habría podido percibir en otro lugar; en otras palabras, la creación de un nuevo puesto de trabajo debe valorarse por lo que se ha perdido (o ganado) al ser contratado en el proyecto. Es decir, en lugar del salario de mercado debe emplearse el denominado *salario sombra* o *salario de cuenta*.

Existen tantos salarios sombra como diferentes son las características de la situación económica en general y del individuo en particular, el grado de cobertura del desempleo en el país, diferencias salariales entre sectores, etc. (Souto, 2001). Esta autora propone unos factores de conversión que permite estimar los salarios sombra para el empleo cualificado y el empleo no cualificado, criterio (el nivel de cualificación) empleado en la mayoría de los trabajos existentes al respecto (*ibid.*).

Como decimos, Souto (*op. cit.*) ofrece unos ratios *precio sombra/precio de mercado* que nos permitirán, posteriormente, conocer el salario sombra en función de la cualificación. Estos ratios son 0,8972 para el empleo cualificado y 0,8978 para el empleo no cualificado.

La obtención del salario de cuenta aplicando estos ratios precisa de información respecto al salario de mercado que perciben los trabajadores incluidos en cada grupo. Resulta ciertamente complejo atribuir un salario de mercado a cada uno de los grupos; la solución que se propone, construida a partir de la agregación de las categorías recogidas en la *Clasificación Nacional de Ocupaciones 1994* atendiendo a su cualificación según se recoge en el *Cuadro 4.1* y de los salarios brutos percibidos por cada grupo y expuestos por la *Encuesta de Estructura Salarial 2002* del Instituto Nacional de Estadística, debe considerarse como una aproximación imperfecta, pero en todo caso operativa.

Cuadro 4.1: Agregación de los Grupos principales de la Clasificación Nacional de Ocupaciones 1994 (CON-94) atendiendo a la cualificación del trabajo

Trabajos cualificados	Dirección de las administraciones públicas y de empresas de 10 o más asalariados
	Profesiones asociadas a las titulaciones de 2º y 3er ciclo universitario y afines
	Profesiones asociadas a una titulación de 1er ciclo universitario y afines
	Técnicos y profesionales de apoyo
	Empleados de tipo administrativo
	Trabajadores de los servicios de restauración y de servicios personales
	Trabajadores de los servicios de protección y seguridad
	Trabajadores cualificados en la agricultura y en la pesca
	Trabajadores cualificados de la construcción, excepto los operadores de maquinaria
	Trabajadores cualificados de las industrias extractivas, de la metalurgia, la construcción de maquinaria y asimilados
	Trabajadores cualificados de industrias de artes gráficas, textil y de la confección, de la elaboración de alimentos, ebanistas, artesanos y otros asimilados
Trabajos NO cualificados	Operadores de instalaciones industriales, de maquinaria fija; montadores y ensambladores
	Conductores y operadores de maquinaria móvil
	Trabajadores no cualificados en servicios (excepto transportes)
	Peones de la agricultura, pesca, construcción, industrias manufactureras y transportes
	Dependientes de comercio y asimilados

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Estructura Salarial 2002, del INE.

En la *Tabla 4.1* se exponen los salarios brutos medios anuales para cada grupo de ocupación y la media aritmética del salario bruto medio anual por nivel de cualificación. Atendiendo a esta información y a los ratios *precio sombra/precio de mercado* estimados por Souto (2001), el salario sombra bruto anual de los empleos cualificados sería de 20.564 € y el de los empleos no cualificados, de 12.884 €.

Tabla 4.1: Salario bruto medio anual por grupos de ocupaciones y salario bruto medio anual por nivel de cualificación

		Salario bruto medio anual (€)
Trabajos cualificados	Dirección de las administraciones públicas y de empresas de 10 o más asalariados	54.649,00
	Profesiones asociadas a las titulaciones de 2º y 3er ciclo universitario y afines	33.434,60
	Profesiones asociadas a una titulación de 1er ciclo universitario y afines	26.247,60
	Técnicos y profesionales de apoyo	26.174,50
	Empleados de tipo administrativo	17.154,00
	Trabajadores de los servicios de restauración y de servicios personales	13.064,30
	Trabajadores de los servicios de protección y seguridad	16.243,80
	Trabajadores cualificados en la agricultura y en la pesca	14.613,50
	Trabajadores cualificados de la construcción, excepto los operadores de maquinaria	15.875,60
	Trabajadores cualificados de las industrias extractivas, de la metalurgia, la construcción de maquinaria y asimilados	20.246,90
	Trabajadores cualificados de industrias de artes gráficas, textil y de la confección, de la elaboración de alimentos, ebanistas, artesanos y otros asimilados	14.416,90
	Media	22.920,06
Trabajos NO cualificados	Operadores de instalaciones industriales, de maquinaria fija; montadores y ensambladores	18.235,30
	Conductores y operadores de maquinaria móvil	17.312,50
	Trabajadores no cualificados en servicios (excepto transportes)	9.745,40
	Peones de la agricultura, pesca, construcción, industrias manufactureras y transportes	12.352,70
	Dependientes de comercio y asimilados	14.108,30
	Media	14.350,84

Fuente: Encuesta de Estructura Salarial 2002

De forma adicional, el valor social de la creación de un nuevo puesto de trabajo no sólo depende del salario sombra sino que es necesario preguntarse también la procedencia de los trabajadores que absorbe el proyecto evaluado. Pueden identificarse tres fuentes de mano de obra (de Rus, 2001): (1) trabajadores ya empleados en otras actividades productivas; (2) desempleados voluntarios, parados al salario actual pero que aceptan trabajar por un salario marginalmente superior, y (3) desempleados involuntarios, que estarían dispuestos a trabajar al salario actual si hubiese trabajo.

La mejora de la eficiencia energética crea empleo en algunos sectores (fabricación de equipos energéticamente eficientes, por ejemplo) y lo destruye en otros (transformación de la energía). Ante esta situación, con información relativa a datos de creación y destrucción de empleo desagregada por sectores como los expuestos por *ibid.* (pág. 74) es posible conocer aquellos sectores en los que se destruye empleo. Sin embargo, con estos datos no es posible determinar si estos trabajadores pasarán a la situación de desempleados o empezarán a trabajar en alguno de los sectores donde se crea empleo. La variación del bienestar social que se derivará de una u otra situación no es, obviamente, la misma; en el caso de los trabajadores que acaben desempleados, el valor social sería equivalente al valor total de la producción perdida. En el caso de que la mano de obra se traslade a otros sectores productivos, el valor social dependerá del diferencial del valor de la producción entre el sector origen y el sector destino.

Siendo, en la situación de equilibrio, el salario neto igual a la productividad marginal del trabajo, el valor (o el diferencial del valor) de la producción perdida podrá estimarse a partir del salario sombra bruto. La productividad de un trabajador en paro es nula, por lo que la pérdida de bienestar social asociada a la destrucción de un empleo sería igual al salario sombra bruto que percibía el trabajador; este salario sombra bruto incluye la producción del trabajador, el impuesto sobre la renta y el subsidio por desempleo, partidas que la sociedad dejaría de percibir (producción e impuestos) o debería aportar (subsidio de desempleo). Con la información disponible (salarios sombra para personal cualificado y no cualificado) los cambios en el bienestar social asociados a cambios en la localización sectorial de la mano de obra se deberán única y exclusivamente a cambios en el nivel de cualificación de la mano de obra. Si, en

términos netos, se crean más empleos cualificados, el bienestar social aumentará; en el caso contrario (no se destruye empleo pero sí se destruyen empleos cualificados), el bienestar social se reducirá.

IDAE (2000) ofrece una estimación neta de creación de empleo positiva; esto indica que el número de desempleados (voluntarios e involuntarios) se reduce. En términos de bienestar, la creación de un nuevo empleo deberá contabilizarse atendiendo al salario sombra bruto (en el caso de desempleados involuntarios, que perciben subsidios de desempleo); la sociedad, al emplear a un nuevo trabajador, “gana” la producción que el mismo generará y los impuestos sobre la renta, mientras que se “ahorra” el subsidio por desempleo. En el caso de los parados voluntarios (que no perciben subsidios de desempleo) será necesario restar estos subsidios al salario sombra bruto para estimar el valor social de la creación de empleo.

En párrafos previos se ha expuesto el procedimiento que debería seguirse para proceder a la valoración de la creación (o destrucción) de empleo. Como puede apreciarse, la estimación de la variación del bienestar social asociada a la creación de empleo derivada de una política pública precisa de un importante volumen de información (salarios sombra, procedencia de los trabajadores, etc.) que exige de un importante esfuerzo.

Por último, ante la existencia de desempleo, el análisis coste-beneficio de una política pública suele incluir entre sus partidas de beneficio la creación de empleo. Sin embargo, existen múltiples críticas a la práctica de computar los efectos sobre el empleo como beneficios de una política pública como, en nuestro caso, es la *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012*. Dicho de otra manera, el beneficio puede existir pero no necesariamente ha de contabilizarse. En este sentido, cabe citar el trabajo realizado por Florio *et al.* (2003) para la Comisión Europea: “si un proyecto de inversión presenta ya una tasa interna de rendimiento satisfactoria antes de las correcciones en función del empleo, no merece la pena dedicar tiempo y energía a este cálculo” (Florio *et al.*, 2003, pág. 38). Finalmente, en caso de abordar la contabilidad de los beneficios asociados a la creación de empleo, no debe hacerse mediante los salarios de mercado sino atendiendo a los criterios esbozados en páginas previas.

4.5. Conclusiones

Existe un volumen de importante literatura que nos demuestra que las inversiones en eficiencia energética tienen un potencial importante de creación de empleo. Sin embargo, su correcta estimación precisa de unas metodologías (modelos *input-output* y, especialmente, modelos de equilibrio general) muy exigentes en recursos.

El presente estudio se ha aproximado a una fase preliminar de la estimación de la creación de empleo por inversiones en eficiencia energética. Las encuestas a productores de medidas de eficiencia energética se constituyen como un *input* que permiten nutrir, posteriormente, tanto a los modelos *input-output* como a los de equilibrio general.

Los resultados obtenidos por el presente trabajo se muestran coherentes con los resultados expuestos por otros trabajos. En primer lugar, son las empresas productoras de medidas de eficiencia energética los principales agentes que crearán empleo en respuesta al aumento de la demanda de las mismas. A pesar de que el número de observaciones disponibles para estimar las ratios de empleo expuestas en anteriores epígrafes no permiten afirmar que gran parte de los resultados obtenidos sean estadísticamente significativos, sí pueden extraerse de ellos información relevante respecto a la creación de empleo: el sector de la edificación se muestra protagonista en la creación de empleo por inversiones en eficiencia energética, a pesar de que la rentabilidad de estas inversiones es menor.

Por último, la distribución espacial de esta creación de empleo, relevante para conocer el encaje de la Estrategia en las políticas de cohesión territorial de la UE, parece orientarse hacia aquellas regiones más desfavorecidas. Al menos, el impacto positivo sobre ellas será proporcionalmente mayor que sobre las regiones más “ricas” de la geografía española. Sin embargo, un tejido productivo, de aquellas actividades económicas con mayor potencial de creación de empleo, más denso en estas últimas haría crear en ellas más empleo.

5. EFICIENCIA ENERGÉTICA Y PRODUCTIVIDAD

5.1. Algunos antecedentes sobre la relación entre eficiencia energética y productividad

Tal y como se ha definido previamente en el presente estudio, la productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos por un negocio o una economía y la cantidad de trabajo, capital, energía y otros recursos necesarios para producir esos bienes y servicios. La mejora la productividad es un objetivo transversal a cualquier actividad económica, que puede alcanzarse mediante múltiples mecanismos: reducir los costes de capital y/o de operación y mantenimiento, mejorar los rendimientos y reducir el consumo de materias y energía, entre otros.

Por otra parte, las medidas sectoriales de eficiencia energética propuestas en la **E4** poseen un componente tecnológico importante; es decir, gran parte de las medidas recogidas en la *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012* (sobre todo aquellas dirigidas a ciertos sectores, como la industria o la transformación de la energía) se basan en la sustitución de ciertas tecnologías por otras más eficientes en términos energéticos. Sin embargo, los beneficios o mejoras de estas nuevas tecnologías o procesos de producción trascienden o pueden trascender el simple ahorro energético; los beneficios citados en el párrafo anterior como formas de incrementar la productividad (reducción de costes, mejora del rendimiento, etc.) y otros muchos que irán apareciendo en las siguientes líneas (como la mejora de las condiciones de trabajo, por ejemplo) son agrupados por la literatura como “mejoras en la productividad” o “beneficios no energéticos” (*non-energy benefits, NEBs*) (Worrell *et al.*, 2003) y tienen una relación directa con la inversión en eficiencia energética.

A nivel conceptual, la literatura científica ha discutido sobre estas relaciones entre eficiencia energética y productividad. Brookes (2000) comenta que es muy probable que la mejora en productividad de la energía desemboque en una mejora más acusada de la productividad de otros factores de producción. De hecho, Sutherland (1998) muestra un ejercicio en el que seis industrias en Estados Unidos aumentaron la

eficiencia energética, no por el esfuerzo para reducir el uso de energía, sino como resultado de una mejora generalizada de la productividad de todos los *inputs*; este hecho corrobora el “principio de indivisibilidad de la productividad económica”: la eficiencia energética es simplemente una parte de la eficiencia económica entendida en términos más amplios (Brookes, *op. cit.*). De esta forma se concluye que “es muy difícil, o prácticamente imposible, separar los incrementos de productividad de la energía de los del capital y trabajo y de los más generales de la economía” (Birol y Keppler, 2000, pág. 461). Por otra parte, Schurr (1982, 1985) argumenta que la explicación a que el crecimiento de la productividad total de los factores sea superior al crecimiento de la productividad de la energía se debe al papel de la energía en aumentar la productividad del capital y del trabajo (Brookes, *op. cit.*). En definitiva, las medidas de eficiencia energética, cuya finalidad *sensu stricto* es en muchos casos simplemente aumentar la productividad de la energía, parecen hacer también aumentar la productividad de otros factores de producción como capital o trabajo.

A nivel empírico, existen en la literatura diversos ejercicios que muestran las relaciones existentes entre productividad y eficiencia energética, relaciones directas obtenidas mediante distintas metodologías y datos. Worrell *et al.* (2003) realizan un análisis de 52 estudios cuantitativos y 25 cualitativos sobre beneficios no energéticos. Ni el número de casos estudiados ni los criterios por los que fueron seleccionados (los mismos autores advierten de que, quizás, las bases de datos empleadas no incluyan tecnologías que no generan este tipo de beneficios adicionales) garantizan la representatividad estadística de la muestra, lo que, a su vez, dificulta la transferencia y empleo de los datos obtenidos en otros escenarios como el que nos ocupa. Aún así, están representados aquellos sectores industriales en los que la mejora de la eficiencia energética tiene mayor potencial y en los que más se ha invertido o se está invirtiendo en ello (alimentación, siderurgia, químicas, papel, materiales de construcción y textiles).

Basándose en el estudio de los 52 estudios cuantitativos, e insistiendo en la no representatividad estadística de la muestra y, por tanto, de los resultados obtenidos, el trabajo al que nos estamos refiriendo estimó unos beneficios asociados a la mejora de

la productividad un 20% superiores a los ahorros energéticos. El incremento en la rentabilidad de las inversiones en eficiencia energética que la contabilidad de estos beneficios no energéticos supondría parece, pues, potencialmente importante; de hecho, el período de retorno (ratio entre inversiones y beneficios) del total de medidas contempladas por los 52 estudios cuantitativos estudiados por Worrell *et al.* (2003) se reduce a algo menos de la mitad al incluir los beneficios no energéticos.

Mills y Rosenfield (1994, en Worrell *et al.*, *op. cit.*), en su estudio de los beneficios adicionales de la implantación de medidas de eficiencia energética en edificios, además de indicar la existencia de beneficios plenamente reconocidos como las mejoras en la competitividad, seguridad energética, creación neta de empleo y protección ambiental, citan los siguientes beneficios adicionales, que permiten establecer un marco en el que definir los beneficios sobre la productividad (Worrell *et al.*, *op. cit.*): (1) mejora del ambiente en el interior de las instalaciones, (2) reducción del ruido, (3) ahorros de trabajo y tiempo, (4) mejoras en el control de los procesos, (5) incremento de las comodidades, (6) ahorros de agua y minimización de residuos y (7) beneficios económicos directos o indirectos de reducir el tamaño o eliminar equipo. Por su parte, Worrell *et al.* (2001) e *ibid.*, para el ámbito industrial, identifican otro tipo de beneficios: reducción de residuos, menores emisiones, reducción de los costes de operación y mantenimiento, incrementos en la producción y la calidad del producto y mejoras en el medio ambiente en las instalaciones de trabajo y otras, como la mejora de la imagen corporativa de la empresa o mejora de la moral de los trabajadores, por ejemplo.

El beneficio no energético más común contemplado por los 77 estudios de caso estudiados es la reducción de costes por reducir el uso y el número de averías del equipamiento. Aparecen en este listado también en numerosas ocasiones beneficios como la reducción en el consumo de materias primas (materiales, agua, etc.), la reducción de los costes laborales o la mejora de la moral de los trabajadores.

Finalmente, Worrell *et al.* (2003) emprenden una estimación detallada de los beneficios no energéticos asociados a la instalación de una serie de medidas de eficiencia

energética en el sector siderúrgico y metalúrgico. La *Tabla 5.1* recoge estas medidas, los beneficios no energéticos y su cuantificación económica.

Tabla 5.1: Medidas de eficiencia energética para el sector industrial del hierro y del acero con beneficios en términos de productividad

Fabricación eléctrica de acero		
Medida de eficiencia energética	Beneficio	Ahorros (US\$/Tm de acero)
Quemador de combustible oxigenado (<i>oxy-fuel burners</i>)	- Reducción del tiempo de operación	1,00
Pre calentamiento de la chatarra (<i>Scrap preheater – FUCHS shaft furnace</i>)	- Reducción del consumo de electrodos - Mejora del rendimiento - Ahorros en los costes de gestión de residuos	0,80
Remoción del fuego desde fondo – inyección de gases de remoción (<i>bottom stirring-stirring gas injection</i>)	- Mejora del rendimiento - Reducción de la compra de gases inertes	0,22
Mejorar el control de procesos	- Reducción del consumo de electrodos - Mejora del rendimiento - Ahorro de costes de mantenimiento	0,90
Horno de corriente continua (<i>DC-arc furnace</i>)	- Reducción del consumo de electrodos - Reducción del tiempo de operación	0,13
Pre calentamiento de chatarra – CONSTEEL (<i>scrap preheater – CONSTEEL</i>)	- Reducción del consumo de electrodos - Mejora del rendimiento	0,38
Pre calentamiento de chatarra – doble casco (<i>scrap preheater – twin shell</i>)	- Reducción del tiempo de operación	0,11
Escoria espumosa	- Reducción del tiempo de operación	0,63
Fabricación integrada de acero		
Medida de eficiencia energética	Beneficio	Ahorros (US\$/Tm de acero)
Inyección de gas natural – 140 kg/thm (<i>injection of NG – 140 kg/thm</i>)	- Descenso del consumo de coque: ahorros en costes de operación y mantenimiento y de materiales en la batería de coque	0,36
Inyección de carbón pulverizado – 130 kg/thm (<i>pulverized coal</i>)	- Descenso del consumo de coque: ahorros en costes de operación y mantenimiento y de	1,43

<i>injection – 130 kg/thm</i>	materiales en la batería de coque	
Inyección de carbón pulverizado – 225 kg/thm (<i>pulverized coal injection – 225 kg/thm</i>)	- Descenso del consumo de coque: ahorros en costes de operación y mantenimiento y de materiales en la batería de coque	0,27
- Fundición continua (<i>adopt continuous casting</i>)	- Ahorro de costes de equipamiento/funcionamiento: reducción de las pérdidas de material	5,36
Carga en caliente (<i>hot charging</i>)	- Reducción de las pérdidas de material - Mejora de la productividad	0,25
Fabricación eléctrica e integrada de acero		
Medida de eficiencia energética	Beneficio	Ahorros (US\$/Tm de acero)
Fundición de láminas finas (<i>thin slab casting</i>)	- Mejora de la productividad - Reducción de las pérdidas de material	6,27

Fuente: Worrell et al. (2003)

La valoración económica de los beneficios no energéticos recogidos en la *Tabla 5.1* se realizó mediante un proceso secuencial, muy exigente en términos documentales y que ofrece resultados vinculados estrictamente a ciertas medidas de eficiencia energética, aplicables a cierto sector industrial. El proceso secuencial sería el siguiente:

- 1) *Identificar y describir los beneficios en términos de productividad asociados a cierta medida.*
- 2) *Cuantificar estos impactos en términos físicos (minutos/Tm de acero, por ejemplo, si hablamos de una reducción del tiempo de operación) hasta donde sea posible.*
- 3) *Identificar todos los supuestos necesarios para traducir los beneficios en costes de impacto.* El objetivo es relacionar el beneficio detectado con los costes de producción de la instalación; si una medida permite reducir el consumo de electrodos, los beneficios económicos de este beneficio no energético deberán relacionarse con el precio de mercado de los electrodos, con el objetivo de proceder a su estimación con el menor grado de incertidumbre posible.
- 4) *Calcular los costes de impacto de los beneficios sobre la productividad.* Con la información recopilada y supuestos aplicados en etapas previas es posible proceder

a la estimación del beneficio no energético y proceder, posteriormente, a incorporar el mismo en el análisis de rentabilidad de la medida de eficiencia energética.

El proceso secuencial expuesto ofrece un marco normalizado y transparente de valoración económica de los beneficios no energéticos, a costa de precisar un análisis detallado y exigente para llevar a cabo su realización. El valor monetario del beneficio recogido en la *Tabla 5.1* debe atribuirse exclusivamente a la medida que lo genera, a el/los beneficio/s energético/s contemplado/s y, obviamente, al sector productivo donde la medida de eficiencia energética es instalada. No resulta conveniente aplicar directamente estos valores monetarios a los datos proporcionados por la *E4* por diversas razones: *[1]* las opciones tecnológicas planteadas no son las mismas; *[2]* los supuestos empleados pueden no ser aplicables; y *[3]* el análisis resultaría parcial, al ser este sector (siderurgia y metalurgia) el único sobre el que se ha desarrollado este análisis y a este nivel de detalle.

Por su parte, Pye y McKane (2000) exponen tres casos concretos de inversiones en eficiencia energética sobre las que se emprendió el esfuerzo de trascender la exclusiva contabilidad de los ahorros energéticos. En todos ellos, los beneficios no energéticos superan a los beneficios asociados al menor consumo de energía. La *Tabla 5.2* recoge la información proporcionada por estos autores. El procedimiento empleado para su cálculo es similar al expuesto de forma más sistemática por Worrell *et al.* (2003); por ejemplo, se consigue un descenso del 10% en el consumo de bolsas para recoger polvo, mientras que el consumo inicial era de 16.896 bolsas a un precio unitario de 73,08 US\$. Como resultado se obtiene un beneficio de 123.500 US\$ recogido en la *Tabla 5.2*.

Tabla 5.2: Beneficios energéticos y no energéticos de tres tecnologías con efectos de reducción del consumo de energía

Medida de eficiencia energética	Beneficio	Ahorros (US\$/año)
Mejora de los sistemas de recogida de polvo	Ahorros energéticos	103.700
	Reducción en el consumo de bolsas para la captación de polvo	123.500
	Mejor actitud de los trabajadores	10.000
	Aumento de la capacidad de producción	75.000
Actualización de la máquina de estirado (<i>drawbench</i>)	Ahorro energético (electricidad)	7.100
	Menores necesidades de mano de obra	23.500
	Acero inoxidable	41.300
	Otros	5.400
Mejoras en el sistema de bombeo de aguas residuales	Ahorros energéticos	2.600
	Menor consumo de precintos mecánicos	1.800
	Menores necesidades de mano de obra	1.800

Fuente: Pye y McKane (2000)

En el caso de la medida de mejora de los sistemas de recogida de polvo, implantada en una planta de fundición de aluminio, la reducción en el consumo de energía no pudo capitalizarse en su totalidad por la empresa. El contrato con la empresa suministradora de energía obligaba a comprar cierta cantidad de energía. De esta forma, la empresa inversora “redirigió” una proporción de los ahorros energéticos hacia un aumento en la producción de aluminio, cuantificable en 75.000 US\$ anuales.

El tercero de los ejemplos expuestos en la *Tabla 5.2* ilustra la aparición de beneficios no energéticos en un sector productivo distinto al industrial. En este caso, es un ayuntamiento el que, mediante la mejora en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, consiguió beneficios adicionales al mejor funcionamiento del sistema y al de ahorro energético.

Lilly y Pearson (1999) emprenden por su parte la evaluación de los beneficios no energéticos de forma interactiva con los directores y gerentes de plantas industriales. Para cada medida se realizó el ejercicio de identificar aquellos beneficios no energéticos que más probablemente surgirían por la aplicación de cierta medida; en segundo lugar se definieron con los propios gestores de la planta los datos que permitirían posteriormente realizar el análisis y, de esta forma, cuantificar económicamente el beneficio no energético. En el caso de que esta secuencia no pudiera recorrerse, el beneficio era descartado del análisis.

De los beneficios no energéticos valorados por estos autores, un 81% se definían como reducción de los costes de operación y mantenimiento; el restante 19% se correspondía con menores emisiones atmosféricas. La información proporcionada por Lilly y Pearson (*op. cit.*) no permite desagregar la valoración de los beneficios. Únicamente se expone el valor total de los beneficios no energéticos, que en este caso no llegan a alcanzar al valor económico de los ahorros energéticos.

Finalmente, el trabajo de Boyd y Pang (2000) es sustancialmente diferente a los expuestos hasta ahora. Estudia la relación entre eficiencia energética y productividad en el sector de la fabricación de vidrio de forma inversa, demostrando mediante análisis de regresión que aquellas plantas con menores niveles de productividad exponen, a su vez, una intensidad energética (consumo de energía por unidad de *output*) mayor. De forma adicional y en un gran número de casos, un incremento del 1% en la productividad genera una mejora de la eficiencia energética más que proporcional, es decir, superior al 1%: en definitiva, la elasticidad en el consumo de energía respecto a una variación de la productividad es mayor que la unidad.

Este análisis, distinto al enfoque adoptado por gran parte de la reciente literatura sobre beneficios no energéticos, confirma no solo la relación entre eficiencia energética y estos beneficios tradicionalmente no contabilizados sino también que la mejora de la productividad genera beneficios superiores a los estrictamente asociados a un menor consumo de energía. El razonamiento, expuesto por los mismos autores, sería el siguiente: en primer lugar, la intensidad energética y la productividad poseen un

vínculo que, al menos, es proporcional; como los costes energéticos, normalmente, son un pequeño componente del total de costes de una empresa, cualquier mejora de la productividad asociado a una mejora de la eficiencia energética probablemente tendrá un componente de coste no energético alto. De esta forma, una mejora de la eficiencia energética que derive en una mejora de la productividad traerá asociados importantes beneficios no energéticos.

Esta breve revisión bibliográfica de algunos ejemplos sobre contabilidad de beneficios no energéticos asociados a la inversión en eficiencia energética ha pretendido, en primer lugar, informar de la posibilidad de proceder a la cuantificación de estos beneficios no energéticos y, por otra parte, dimensionar la dificultad a la que se enfrentará cualquier analista que proceda a realizar este tipo de ejercicio. Sin embargo, no resulta tan atractivo el reconocimiento de la existencia de este tipo de beneficios como el estudio de su inclusión operativa en las decisiones sobre inversiones en eficiencia energética.

5.2. *Una aproximación operativa a la integración de los beneficios no energéticos en las medidas de rentabilidad de las inversiones en eficiencia energética (Worrell et al., 2003)*

En el epígrafe anterior se han mostrado ejercicios en los que se identifican los vínculos entre eficiencia energética y productividad del resto de factores de producción (y, en algunos casos, se procede a su valoración económica), también con la productividad general de una industria y, por extensión, de la economía; esta discusión se ha realizado tanto en el plano conceptual como empírico, encontrándose argumentos coincidentes. La conclusión es que esta relación entre eficiencia energética y mejoras en la productividad de otros factores productivos tiene repercusiones positivas sobre distintos aspectos de la producción; dentro de éstos denominados beneficios no energéticos, se incluyen multitud de otros efectos, en una proporción importante dependientes del sector en el que se apliquen las medidas de eficiencia energética.

Sin embargo, incluso tras el reconocimiento de la existencia de estos beneficios no energéticos e, incluso, la posibilidad de proceder a su estimación, el cálculo de la rentabilidad de las inversiones en eficiencia energética suele circunscribirse única y exclusivamente, por la vertiente de los beneficios, a los ahorros de energía. Es decir, y tal y como se han realizado hasta ahora gran parte de los análisis de rentabilidad de medidas de eficiencia energética, la inversión en mejorar la productividad de la energía será rentable si los ahorros energéticos superan a los costes de implantación de dicha medida. El resultado de ignorar los otros beneficios que de este tipo de inversiones se derivan es una menor inversión en eficiencia energética, pues los ahorros en términos de energía de ciertas tecnologías no compensan los costes; de hecho, únicamente aquellas medidas cuyo ahorro energético sea muy alto o las que se aplican en sectores en los que el gasto energético represente una proporción importante del total de costes serán susceptibles de ser instaladas.

Worrell *et al.* (2003) nos permiten ilustrar esta consideración de forma cuantitativa y gráfica. Estos autores, además de proceder a la valoración económica de los beneficios no energéticos de ciertas medidas de eficiencia energética a instalar por el sector metalúrgico y siderúrgico en Estados Unidos, proponen un marco operativo en el que incluir estos beneficios y proceder a estimar los efectos de esta inclusión sobre la rentabilidad de las inversiones en eficiencia energética y, por tanto, del potencial de mejora de la misma.

Este marco operativo se basa en las curvas de oferta de ahorro energético (*energy conservation supply curves, CSC*) y, más concretamente, en las curvas de costes del ahorro de energía (*costs of conserving energy, CCE*), un tipo concreto de CSC estimadas a partir de los datos tecnológicos y de costes para cada tecnología y medida (enfoque *bottom-up*). La *CCE* de una opción tecnológica concreta es:

$$CCE = \frac{I \cdot q + M}{S} \quad \text{Ecuación [5.1]} \quad , \text{ donde:}$$

$$q = \frac{d}{(1 - (1 + d)^{-n})}$$

CCE = coste de la energía ahorrada por una medida de eficiencia energética [$\$/GJ$]

I = coste del capital [$\$$]

q = factor de recuperación del capital

M = cambio anual en los costes de operación y mantenimiento [$\$$]

S = ahorros energéticos anuales [GJ]

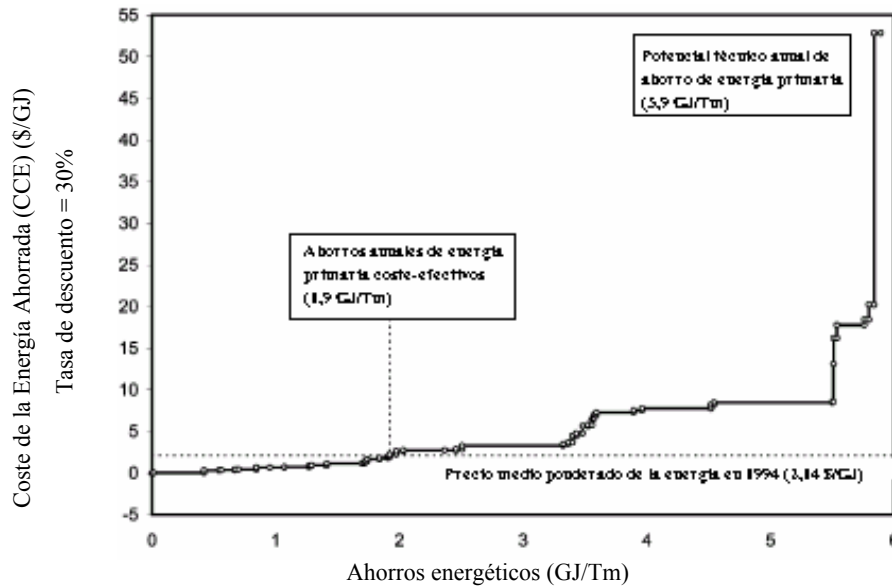
d = tasa de descuento

n = tiempo de vida de la medida de eficiencia energética [$año$]

Expresar la CCE por unidad energética nos permite comparar esta curva de coste con el precio de la energía. Si la CCE de cierta medida, a una tasa de descuento concreta, está debajo del precio de la energía, la inversión en eficiencia energética será rentable. Es más, es posible estimar la CCE de un conjunto de medidas de eficiencia energética y ordenarlas en orden creciente de coste del ahorro energético (CCE); la representación gráfica de esta curva de CCE ($\$/GJ$) respecto a los ahorros energéticos (GJ) permite obtener una idea de la rentabilidad de las inversiones en eficiencia energética y del potencial, bajo criterios económicos, de reducción de la intensidad en el consumo de energía (1,9 GJ/Tm) (v. *Gráfico 5.1*).

La inclusión en el análisis de los beneficios no energéticos asociados a 14 medidas de eficiencia energética, recogidos en la *Tabla 5.1*, provocará un descenso de la curva de coste del ahorro energético (CCE); también la forma de la curva será distinta, pues el orden de las medidas en función del coste del ahorro energético varía. Finalmente, manteniendo constante el precio ponderado medio de la energía, el resultado es unos ahorros energéticos coste-efectivos superiores (3,8 GJ/Tm) (v. *Gráfico 5.2*).

Gráfico 5.1: Curva de oferta de ahorro de energía para la industria del hierro y del acero, correspondiente a 47 medidas de eficiencia energética, excluyendo a los beneficios no energéticos



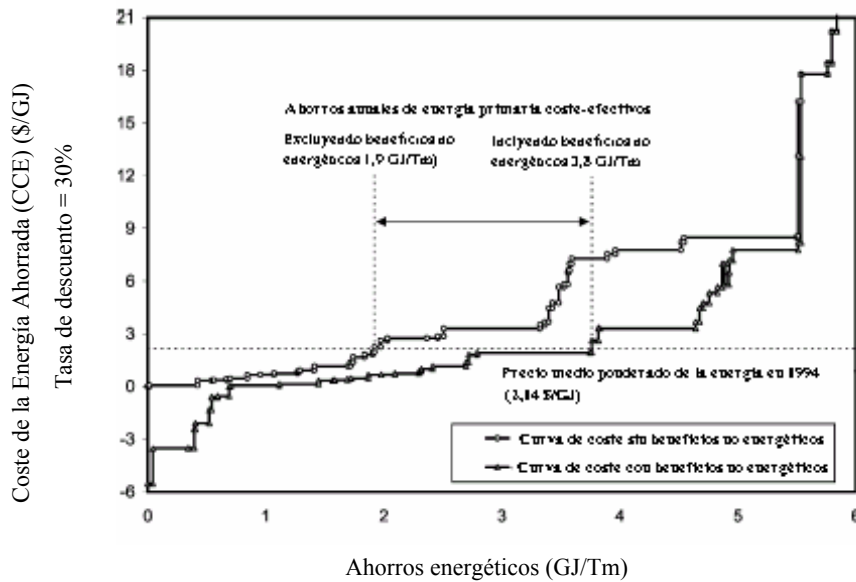
Fuente: Worrell et al. (2003)

Por otra parte, la expresión matemática de la *CCE* con beneficios no energéticos se recoge en la Ecuación [5.2]; nótese que los beneficios no energéticos, además de aparecer representados en la variable *B*, también tienen sus efectos sobre los costes de operación y mantenimiento (*M*) y los costes de capital (*I*), por ejemplo.

$$CCE = \frac{I \cdot q + M - B}{S} \quad \text{Ecuación [5.2], donde}$$

B = beneficios no energéticos [\$]

Gráfico 5.2: Curva de oferta de ahorro de energía para la industria del hierro y del acero, correspondiente a 47 medidas de eficiencia energética, incluyendo a los beneficios no energéticos de 14 de las medidas



Fuente: Worrell et al. (2003)

Deben entenderse los Gráficos 5.1 y 5.2 como una ilustración gráfica de los efectos sobre el potencial de ahorro energético coste-efectivo al incluirse en el análisis los beneficios no energéticos. La curva CCE (curva de costes de la energía ahorrada) no constituye por sí misma una medida de rentabilidad o, de forma más precisa, no sería el único criterio para establecer el coste-efectividad de una medida de reducción del consumo de energía; el período de retorno de la inversión, por ejemplo, sería una de las variables no incluidas en el ejercicio expuesto en los Gráficos 5.1 y 5.2, pero que tendría repercusión sobre la rentabilidad de las inversiones en eficiencia energética y, por tanto, sobre la forma de la curva. Por otra parte, el criterio de establecer un coste medio ponderado de la energía resulta tan operativo como didáctico a la hora de comprender estos gráficos, pero la rentabilidad de cada una de las medidas de eficiencia energética debería estimarse atendiendo al precio del combustible concreto que se emplee para la fabricación de acero, en el caso que estamos comentando.

A beneficio de inventario, y con el fin de que el discurso sobre la importancia de los beneficios no energéticos cubra lo más exhaustivamente posible cada uno de los aspectos relevantes para el inversor, es necesario indicar la probable existencia de “costes no energéticos” o, si se quiere, beneficios no energéticos con signo negativo. Por ejemplo, el hecho de que ciertas medidas de eficiencia energética supongan la adopción de tecnologías o métodos productivos más o menos novedosos lleva asociado un riesgo ante la inversión, es posible que la empresa precise de personal cualificado para usar el nuevo equipamiento o quizás la instalación de determinado proceso suponga la suspensión temporal de la producción (Worrell *et al.*, 2003). Un análisis exhaustivo y honesto de la rentabilidad de las medidas de eficiencia energética no puede ignorar estos costes, que el inversor considerará y que pueden tener un importante papel en el proceso de toma de decisiones a nivel empresarial.

A modo de conclusión, puede afirmarse que el potencial de mejora de la eficiencia energética podría ser mayor que el aprovechado bajo criterios de rentabilidad financiera y/o económica de incluirse los llamados beneficios no energéticos. Además de que existen probados vínculos entre eficiencia energética y productividad, diversos autores indican también la importancia de este tipo de beneficios, que podrían incluso superar a aquellos derivados exclusivamente del ahorro energético (Boyd y Pang, 2000; Pye y McKane, 2000; Worrell *et al.*, 2003), por otra parte considerados tradicionalmente como los más importantes de todos los derivados de las medidas de eficiencia energética. No solo se están ignorando una serie de beneficios tradicionalmente no contabilizados, sino que éstos parecen tener una magnitud importante y, por tanto, su inclusión en los análisis de rentabilidad de las inversiones en eficiencia energética haría aumentar la inversión en este tipo de medidas.

Finalmente, la estimación cuantitativa de las mejoras en productividad derivadas de las medidas de eficiencia energética precisa de un trabajo intensivo en información al que el presente trabajo se ha aproximado mínimamente mediante la encuesta a responsables industriales inversores o potencialmente inversores en eficiencia energética. En epígrafes posteriores se procederá a exponer los resultados arrojados por la encuesta,

en la que se explorará la percepción que las empresas poseen acerca de este tipo de beneficios.

“Los beneficios en productividad están frecuentemente determinados por las condiciones particulares del emplazamiento, y por ello pueden variar” (Worrell *et al.*, 2001, pág. 517). La literatura muestra la necesidad de estudiar estos beneficios empleando una escala de análisis muy detallada, que permita identificar los efectos de cada una de las medidas en la productividad de los otros factores de producción (capital, trabajo, etc.) y otros efectos directos o indirectos para, junto con todo lo anterior, poder estimar la influencia de la medida en concreto sobre la productividad en términos más globales (Pye y McKane, 2000). De esta forma, sería necesario una identificación exhaustiva de las posibles mejoras de la productividad a causa de la implementación de cada una de las medidas tecnológicas de eficiencia energética de carácter esencialmente tecnológico propuestas en la *E4*, proceder a su estimación cuantitativa en términos “físicos” (no económicos) y culminar con su valoración económica si procede (en la mayoría de los casos, mediante el método de los costes evitados/inducidos). La especificidad tecnológica y sectorial de gran parte de los beneficios no energéticos hace que su valoración económica resulte muy exigente en términos documentales, por lo que la cuantificación de beneficios adicionales atribuibles a una política de carácter amplio como la *E4* sea extremadamente compleja. No obstante, y tal y como se muestra en el siguiente epígrafe, puede resultar de igual modo interesante, en primera instancia, conocer la percepción que las empresas tienen sobre este tipo de beneficios y, posteriormente, conocer la posibilidad de cuantificarlos económicamente.

5.3. Resultados

Las encuestas realizadas a inversores o potenciales inversores en eficiencia energética en nuestro país nos informan de la percepción que las empresas españolas tienen sobre los denominados beneficios no energéticos. El diseño muestral, detallado en el *Capítulo 3*, permite una visión general de estas percepciones, captando el conocimiento

de múltiples sectores económicos y diferenciando entre empresas de mayor o menor tamaño.

Tabla 5.3: Reconocimiento de beneficios no energéticos por parte de empresas españolas, desagregado por grandes sectores de actividad y tamaño de las empresas (%)

		Sí	No	Ns/Nc
Industria	Menos de 50 empleados	53,8	38,5	7,7
	Más de 50 empleados	55,6	33,3	11,1
Transporte	Menos de 50 empleados	40,0	60,0	0
	Más de 50 empleados	66,7	28,6	4,8
Administración local	Más de 50 empleados	37,5	50,0	12,5
TOTAL		52,6	39,7	7,7

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

En términos globales, poco más del 50% (52,6%) de las empresas consultadas reconocen la existencia de estos beneficios no energéticos, mientras que un 40% afirma que no se detectó ningún tipo de beneficio adicional al ahorro energético. Existe, dentro de los sectores de industria y transporte, un aparentemente lógico mayor conocimiento de este tipo de beneficios por parte de las empresas de más de 50 empleados, aunque en el caso del sector industrial las diferencias con respecto a las empresas más pequeñas es mínima.

Las empresas que trabajan para las administraciones locales, todas de más de 50 trabajadores, tienen un significativamente menor conocimiento de los beneficios no energéticos que el resto de empresas consultadas. Sin embargo, aquellas que conocen la existencia de este tipo de beneficios son capaces de aportar información cuantitativa tal y como se indicará posteriormente, circunstancia que se da con menor frecuencia en otros sectores económicos.

A un mayor nivel de detalle, tal y como se muestra en la *Tabla 5.4*, en los sectores de alimentación, bebidas y tabaco, químico y de minerales no metálicos son las empresas más pequeñas las que tienen mejor conciencia sobre los beneficios no energéticos. En el sector industrial de la metalurgia y en los transportes, las empresas grandes destacan respecto a las pequeñas en conocimiento de este tipo de beneficios. Los datos proporcionados por la encuesta a este nivel de detalle deben interpretarse con extrema precaución; la fragmentación de la muestra hace que el número de observaciones sea insuficiente para obtener resultados estadísticamente significativos. Aún así, estos resultados proporcionan información siquiera tendencial y orientativa que puede resultar útil en determinados contextos.

Tabla 5.4: Reconocimiento de beneficios no energéticos por parte de empresas españolas, desagregado por subsectores y tamaño de la empresa (%)

		Sí	No	Ns/Nc
Alimentación, bebidas y tabaco	Menos de 50 empleados	66,7	33,3	0
	Más de 50 empleados	50,0	50,0	0
Industria química	Menos de 50 empleados	66,7	33,3	0
	Más de 50 empleados	57,1	42,9	0
Minerales no metálicos	Menos de 50 empleados	50,0	50,0	0
	Más de 50 empleados	100,0	0	0
Metalurgia	Menos de 50 empleados	0	50,0	50,0
	Más de 50 empleados	50,0	50,0	0
Transporte de viajeros por carretera (urbano e interurbano)	Menos de 50 empleados	50,0	50,0	0
	Más de 50 empleados	58,3	33,3	0
Transporte de mercancías por carretera	Menos de 50 empleados	25,0	75,0	0
	Más de 50 empleados	75,0	25,0	0
Transporte por ferrocarril	Más de 50 empleados	100,0	0	0
Producción y distribución de energía eléctrica	Más de 50 empleados	100,0	0	0
Refino de petróleo	Más de 50 empleados	33,3	0	66,7
Actividades generales de la Administración Local	Más de 50 empleados	37,5	50,0	12,5
TOTAL		52,6	39,7	7,7

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

En esta primera aproximación a la percepción empresarial sobre la existencia de beneficios no energéticos, cabe mencionar el desigual conocimiento que muestran empresas de distintos sectores y, dentro de un mismo sector, entre empresas de diferente tamaño. A tenor de la información disponible, no parece existir ninguna relación entre inversiones en eficiencia energética, intensidad energética del sector o tamaño de la empresa y conocimiento de la existencia de beneficios no energéticos. Podría plantearse la deducción lógica de que aquellos sectores más intensivos en energía habrían realizado importantes inversiones en eficiencia energética y constatado la existencia de beneficios adicionales al ahorro energético; por otra parte, la mayor disponibilidad de recursos de las empresas con mayor número de empleados podría derivar en un mayor control y conocimiento de los efectos de la inversión en eficiencia energética. Sin embargo, ninguna de estas hipótesis queda reflejada en el análisis sectorial sobre conocimiento de beneficios no energéticos mostrado en la *Tabla 5.4*.

Tabla 5.5: Intensidad energética de algunos sectores industriales y del transporte en España, en el año 2000

	Consumo total de energía (ktep)	Valor producción (M€)	Intensidad energética (tep/M€)
Alimentación, bebidas y tabaco	2.446	64.385	37,99
Industria química	3.756	32.584	115,27
Minerales no metálicos	6.191	21.458	288,52
Siderurgia y fundición	4.224	45.311	93,22
Transporte por carretera	25.364	29.144	870,30
Transporte por ferrocarril	817	2.395	341,13

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

Aunque no es muy elevado el número de empresas que reconoce la existencia de beneficios no energéticos asociados a las inversiones en eficiencia energética, sí es considerable la relación de mejoras asociadas a estas inversiones que los agentes económicos encuestados han citado. En la *Tabla 5.6* se muestra esta relación y el porcentaje en el que cada uno de los beneficios ha sido citado sobre un total de 109 respuestas.

Tabla 5.6: Beneficios no energéticos citados por las empresas encuestadas, ordenados por proporción de citas

Beneficio no energético	Proporción
Reducir los costes de operación y mantenimiento	34,1%
Reducir la producción de residuos	29,3%
Reducir la carga fiscal	29,3%
Reducir el consumo de materias primas distintas a la energía	26,8%
Reducir el consumo de agua	22,0%
Mejorar la moral de los trabajadores	17,1%
Mejorar el ambiente de trabajo / reducir el número de accidentes	17,1%
Reducir las necesidades de mano de obra	17,1%
Retrasar o reducir los gastos de capital	14,6%
Reducir los niveles de ruido	12,2%
Reducir el tiempo de trabajo necesario para producir una unidad	9,8%
Reducción de emisión de residuos/gases	9,8%
Reducir la necesidad de controles	2,4%
Conseguir más espacio en la instalación	2,4%
Otros	19,5%
Ns/Nc	2,4%

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

Las numerosas citas detectadas en relación con la reducción de los costes de operación y mantenimiento resultan coincidentes con otros trabajos presentes en la literatura, como el de Worrell *et al.* (2001). Estos autores realizan un análisis exhaustivo de distintas medidas de eficiencia energética en el sector del hierro y del acero en Estados Unidos y la reducción de los costes de operación y mantenimiento resulta el beneficio no energético que más se manifiesta entre un extenso número de medidas de reducción del consumo energético (v. Worrel *et al.*, 2001, págs. 525-527).

Entre otros beneficios no energéticos también citados en elevada proporción se encuentra la reducción en la producción de residuos, el descenso de la carga fiscal que

soporta la empresa y la reducción en el consumo de materias primas distintas a la energía. Finalmente, las posibilidades de obtener una certificación ambiental, la mejora competitiva o de la imagen de la empresa son algunos otros beneficios no incluidos en el cuestionario pero que fueron apuntados por las empresas encuestadas.

A pesar de que las empresas reconocen la existencia de ciertos beneficios no energéticos, únicamente un 26% afirma que es posible cuantificar económicamente estos beneficios y, entre ellos, sólo algo más de la mitad (54,5%) proporciona una cifra global de la cuantía de los mismos. Resulta llamativo que la mitad de estos últimos pertenezcan al sector de las Administraciones públicas o empresas que proporcionan servicios a las mismas (depuración de aguas, alumbrado, etc.); el resto pertenecen a un sector intensivo en el consumo de energía (minerales no metálicos) y al sector del transporte de viajeros por carretera.

El análisis sectorial de los motivos por los cuales resulta complejo ofrecer información cuantitativa respecto a los beneficios no energéticos, además de arrastrar el problema del escaso número de observaciones en algunos casos, nos indican las dificultades operativas de abordar una valoración económica de las mismas.

En el mayor número de los casos, las empresas expresan la dificultad de obtener una cuantía económica de los beneficios no energéticos que ellas mismas reconocen. El escaso porcentaje de respuestas en relación a un plan más amplio de expansión general (que dificultaría la identificación de estos beneficios a las inversiones en eficiencia energética) o a otras causas más heterogéneas limita a causas de dificultad operativa la escasa información cuantitativa existente respecto a los beneficios no energéticos.

Tabla 5.7: Motivos por los que no es posible ofrecer resultados cuantitativos sobre beneficios no energéticos (%)

	(1)	(2)	(3)	Otros	Ns/Nc	n
Alimentación, bebidas y tabaco	33,3	0	0	33,3	33,3	3
Industria química	16,7	50,0	16,7	0	16,7	6
Minerales no metálicos	0	0	0	100,0	0	1
Metalurgia	100,0	0	0	0	0	1
Transporte viajeros carretera	14,29	57,14	14,29	14,29	0	7
Transporte mercancías carretera	16,7	50,0	33,3	0	0	6
Transporte ferrocarril	0	100,0	0	0	0	1
Prod. y dist. energía eléctrica	0	0	0	0	100,0	1
Refino de petróleo	0	0	100,0	0	0	1
Act. general. Admón. Local	0	0	75,0	0	25,0	4
TOTAL	16,1	35,5	25,8	9,7	12,9	31

1. Estas inversiones forman parte de un plan más amplio de expansión general
 2. La estimación de estos beneficios adicionales resulta extremadamente compleja
 3. No se dispone en estos momentos de información al respecto
- n:** número de observaciones

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

En definitiva, las empresas reconocen explícitamente la dificultad operativa de estimar cuantitativamente el valor económico de estos beneficios. No es posible, pues, que el presente estudio ofrezca resultados cuantitativos respecto a ellos; su valoración económica precisa de un análisis exhaustivo de cada una de las medidas y los beneficios no energéticos que generan, mediante un proceso muy exigente en términos documentales y de recursos como es el propuesto por Worrell *et al.* (2001 y 2003) y mencionado en páginas previas. No parece que las empresas realicen de *motu proprio* este tipo de análisis y, por tanto, la obtención de esta información mediante encuestas no permite obtener resultados cuantitativos.

5.4. Conclusiones

Las mejoras sobre la productividad asociadas a la inversión en eficiencia energética precisan y merecen de un análisis exhaustivo y exigente en recursos que se escapa a los objetivos del presente estudio. El relativamente elevado reconocimiento de la existencia de este tipo de beneficios que expresan las empresas consultadas añade motivación a la realización de este estudio detallado por el que se aboga; de forma añadida, la importancia que la literatura dedicada a la evaluación de este tipo de beneficios no energéticos atribuye a los mismos añade, de nuevo, motivos a la realización de este tipo de estudios.

La aproximación mediante encuestas al estudio de los beneficios asociados a la mejora de la productividad de los medios de producción no permite obtener resultados cuantitativos sobre los mismos. Las dificultades operativas de proceder a su estimación, dificultades manifestadas por las mismas empresas, se constituyen como una barrera a que las propias empresas procedan a su valoración económica y, por tanto, puedan posteriormente informar de ellos mediante encuestas. No obstante, y tal y como se ha puesto de manifiesto a lo largo del presente capítulo, la metodología adoptada por el presente estudio ofrece información previa a la valoración económica de este tipo de beneficios no energéticos; esta información, junto con las enseñanzas que nos proporcionan la literatura del ramo, permite establecer un marco para la realización del citado estudio detallado mediante la identificación de aquellos beneficios con mayor reconocimiento entre los distintos sectores económicos (reducción de costes de operación y mantenimiento) y de aquellos sectores en los que estos beneficios se manifiestan de forma más intensa (sectores industriales, especialmente).

6. EFICIENCIA ENERGÉTICA Y COMPETITIVIDAD

6.1. Tres niveles de estudio de la competitividad empresarial

En capítulos anteriores del presente estudio se ha definido competitividad como la capacidad de una empresa de participar en determinado mercado haciendo más atractiva su oferta calidad-precio frente a la de sus rivales. Por ello, podemos concluir, haciendo un ejercicio de síntesis que en posteriores páginas será desarrollado en toda su complejidad, que una mejora de la competitividad de una empresa puede entenderse como un mejor posicionamiento de la misma en el mercado en el que ofrece sus bienes y/o servicios.

No parece aventurado asumir que, para una empresa, el éxito de su participación en el mercado se medirá por la capacidad de la misma de enriquecer a sus propietarios, generalmente los accionistas que aportan el capital (Salas, 1993). Ahora bien, ¿por qué ciertas empresas o sectores económicos “enriquecen más a sus propietarios” que otras/os? La literatura, lejos de estudiar únicamente los *resultados* (mejores o peores resultados empresariales) asociados a una mejora de la competitividad, ha procedido a estudiar las causas o factores que existen detrás de una mayor o menor competitividad de las empresas. Son muchos los autores que, directa o indirectamente, plantean la visión de que existen tres ámbitos de muy distinta escala que permitirían explicar la mayor o menor competitividad de las empresas (Porter, 1991, en Wagner, 2003; Nelson, 1992; Martín, 1993; Salas, 1993); estos tres niveles serían (a) el nivel macroeconómico (políticas económicas nacionales); (b) el nivel sectorial o industrial (políticas económicas nacionales con influencia en sectores industriales específicos) y, finalmente, (c) el nivel empresarial (capital comercial y tecnológico de la empresa, política de recursos humanos, etc.).

La búsqueda de explicaciones sobre los factores que afectan a la competitividad llevó a dos sectores de la literatura del ramo a presentar dos argumentos completamente enfrentados (Nelson, *op. cit.*). La mayoría de los economistas que trabajaron en este tema apostaban por la idea de que la competitividad de las empresas se debe

únicamente a la situación macroeconómica del país en el que operan (superávit o déficit presupuestario, política monetaria, inflación, etc.). De forma contraria, los expertos en negocios e ingeniería, preocupados por los factores empresariales internos que expliquen la fortaleza o debilidad de las empresas, promulgaban la idea de que eran las propias empresas las que podían influir en su competitividad (adquisición de capital tecnológico y comercial, adecuada política de recursos humanos, etc.). Finalmente, una tercera línea de argumentación respecto al fomento de la competitividad hace referencia a las políticas industriales promovidas por los gobiernos, dirigidas específicamente a un sector económico y claramente diferenciadas de las políticas macroeconómicas también propuestas por los gobiernos.

La observación del mercado, del éxito y fracaso de las empresas en el mundo real, permite obtener la conclusión, siquiera intuitiva, de que ninguna de estas líneas de investigación podrá ofrecer por sí sola una explicación completa a los factores que existen detrás de que una empresa sea más o menos competitiva. Si bien es cierto que la dotación de infraestructuras, la promulgación de leyes antimonopolio o el fomento de la investigación en nuevas tecnologías, por ejemplo, (iniciativas propias de los gobiernos y que influyen en el marco macroeconómico o sectorial en el que operan las empresas) tienen evidentes influencias sobre la competitividad, no es menos cierto que, dentro de un mismo marco macroeconómico, existen empresas, incluso de un mismo sector, que operan de forma competitiva y otras que fracasan en la competencia con otras corporaciones, ya sea en el mercado interior o en el mercado internacional. De forma inversa, el hecho de que una empresa competitiva en cierto mercado decida expandirse a una realidad económica muy distinta no garantiza su competitividad en este nuevo mercado en el que se ha aventurado a participar.

Puede concluirse, por tanto, que tanto la política económica de los gobiernos (ya sea a nivel macroeconómico o a nivel sectorial) como las acciones que las empresas realicen en pos de una mejor actuación en los mercados en los que concurren tienen influencia sobre la competitividad de cierta empresa. Los mecanismos que los gobiernos o las empresas tienen para influir en la competitividad de éstas últimas son muy distintos; también cabría plantearse la pregunta acerca del grado de influencia sobre la

competitividad que posee cada uno de estos tres niveles (país – sector – empresa) (Salas, 1993).

Ante la evidente dificultad de responder a esta pregunta y la escasez de respuestas que ofrece la literatura al respecto, el estudio de cada uno de los niveles planteados (macroeconomía, sectorial y empresarial) permitirá una mejor comprensión de los comentados mecanismos, en primera instancia, y, finalmente, de cómo la inversión en eficiencia energética, fruto, en este caso, de una política económica del Gobierno, puede influir, y de qué forma (positiva o negativa), sobre la competitividad de las empresas.

6.1.1. La influencia del marco macroeconómico sobre la competitividad

La competitividad de una economía ha sido tradicionalmente evaluada atendiendo al tipo de cambio efectivo real (*TCER*). El empleo de este índice, construido a partir del tipo de cambio nominal y de los precios relativos respecto al/los país/es competidor/es tal y como se muestra en la *Ecuación 6.1*, lleva consigo la idea de que el principal factor competitivo son los precios. Un incremento de los precios relativos de los productos puestos en el mercado internacional por determinado país, es decir, un incremento del *TCER*, se asocia a una pérdida de competitividad.

$$TCER = TCEN \cdot IPR, \quad [6.1], \text{ donde}$$

TCER = tipo de cambio efectivo real

TCEN = tipo de cambio efectivo nominal

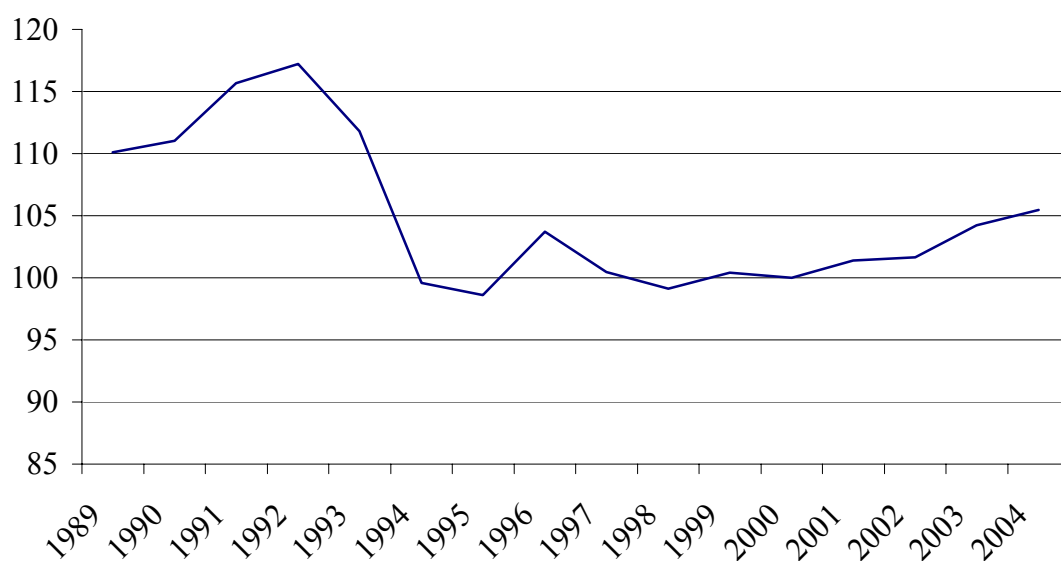
IPR = índice de precios relativos (P/P^* , donde P^* refleja la media ponderada de los socios comerciales)

El *Gráfico 6.1* muestra la competitividad, medida mediante los *TCER*, de la economía española frente a la UE-15 a lo largo de la década de los noventa y principios del s. XXI. Las sucesivas devaluaciones de la peseta a principios de los noventa consiguieron mejorar la competitividad de nuestros productos dentro de la UE. Desde la adopción, por parte de España y de once países más de la Unión Europea, de la Unión Monetaria

Europea, los gobiernos de la zona euro renunciaron a poseer de política monetaria propia. De esta forma, una mejora de la competitividad, estimada a partir de los *TCER*, únicamente puede conseguirse mediante la contención de la inflación. Precisamente, desde la adopción del euro como unidad monetaria, España ha perdido competitividad como resultado de un aumento de nuestro diferencial de inflación con respecto a la UE: los precios de nuestros países competidores aumentan a menor ritmo que los nuestros, generando una pérdida de competitividad de nuestros productos en Europa; el *Gráfico 6.2* muestra el IPC armonizado de los países de la Unión Monetaria Europea y, como puede apreciarse, la tasa de variación de España es únicamente superada por Luxemburgo.

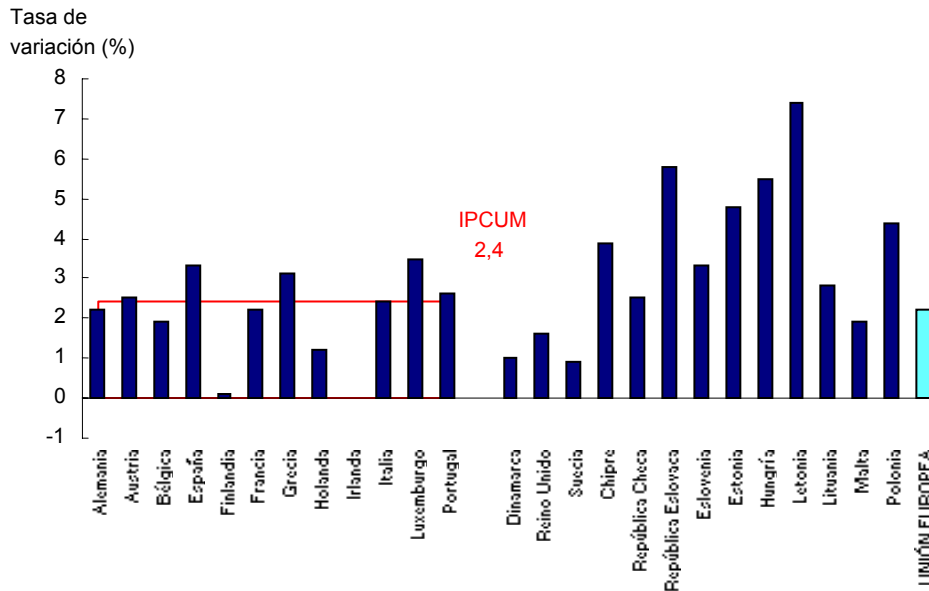
Gráfico 6.1: Competitividad de España frente a la UE-15, estimada a partir del tipo de cambio efectivo real (TCER), medido por precios al consumo, entre enero de 1989 y enero de 2004.

Base primer semestre de 1999 = 100



Fuente: Banco de España

Gráfico 6.2: Tasa de variación del Índice de Precios al Consumo (IPC) de los países de la Unión Monetaria Europea (IPCUM) y del resto de países de la UE-25, a 20 de Enero de 2005



La Unión Monetaria Europea está formada por los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, España, Finlandia, Francia, Grecia, Holanda, Irlanda, Italia, Luxemburgo y Portugal.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

El hecho de que el modelo neoclásico de comercio internacional evalúe la competitividad de los países atendiendo a los *TCER* nos permite intuir las posibles influencias que algunas políticas macroeconómicas tienen sobre la competitividad en el mercado internacional. Como variables que intervienen en el cálculo de los *TCER*, tanto la política monetaria como el control de la inflación se configuran como dos herramientas que los gobiernos poseen para posicionar mejor sus productos en el mercado internacional. Pero detrás de estas dos variables, identificables a partir de la misma ecuación de los *TCER*, operan muchas otras, a saber: flexibilidad del mercado de trabajo, déficit público, sistema educativo conectado con las necesidades empresariales, calidad de los servicios públicos proporcionados por el Estado, dotación de infraestructuras físicas, etc. (Salas, 1993). Los gobiernos, actuando sobre cada uno de estos aspectos, tienen capacidad de influencia sobre la competitividad de la economía.

Por otra parte, algunos autores apuestan por emplear como medida de la competitividad de una economía nacional los *TCER* cuando se estudia el corto plazo. En el largo plazo, estos autores apuestan por emplear el crecimiento de la productividad como indicador cuantitativo de la competitividad (Wagner, 2003).

Finalmente, es necesario precisar que, a pesar de que son los *TCER* la variable por la que tradicionalmente se ha “medido” la competitividad de una economía, lo cierto es que éstos no logran explicar en su totalidad los intercambios comerciales entre países. Las funciones de comercio construidas a partir de ellos y las evidencias teóricas y empíricas sobre la influencia de aspectos distintos a los precios han hecho que, progresivamente, se matice el estudio de la competitividad, ampliando el número de variables que intervienen en la misma (Martín, 1993). A pesar de que estos índices van ganando en realismo, actualmente son incapaces de incluir el factor capital y su influencia sobre la productividad del trabajo, por ejemplo; en su acepción más convencional (capital físico) son deseables esfuerzos en la línea de su inclusión en los índices de competitividad (*ibid.*). Otras formas de capital (capital humano y tecnológico, por ejemplo) tienen más que probada influencia sobre la competitividad, pero su inclusión en estos índices se presume más compleja.

6.1.2. Políticas sectoriales y competitividad

En el epígrafe anterior se ha realizado un breve recorrido sobre los factores macroeconómicos que afectan a la competitividad de la economía. Sin embargo, los distintos sectores económicos se verán influenciados de forma muy diferente por estos factores macroeconómicos. El grado de competencia del sector en el que las empresas operan, la existencia de más o menos barreras a la entrada de nuevos competidores o el grado de apertura exterior del sector podrían ser algunas variables que permitirían clasificar a los sectores en función de su exposición a la ganancia o pérdida de competitividad asociada a determinada política económica del país. Asimismo, las necesidades factoriales del sector, junto con la dotación factorial del conjunto de la economía del país, tendrán una evidente repercusión sobre la competitividad de las empresas ante una eventual apertura comercial al exterior. Aquellos sectores capital-intensivos deberán encontrar un ambiente macroeconómico que permita la competencia

con el sector exterior correspondiente; los sectores trabajo-intensivos precisarán exactamente lo contrario, por lo que uno u otro sector podrá verse perjudicado por una orientación concreta de la política económica del país. De esta forma, cabe plantearse la posibilidad de que los responsables económicos del gobierno planteen políticas diferentes a uno y otro sector.

De forma casi intuitiva, puede llegarse a la conclusión de que aquellos sectores con una alta rivalidad entre empresas tendrán menores oportunidades de beneficio; atendiendo a la definición dada más arriba de competitividad (capacidad de “enriquecer a los propietarios de las empresas”), estos sectores resultarían menos competitivos (Salas, 1993). Sin embargo, son precisamente estos sectores de alta rivalidad empresarial los que tradicionalmente se han mostrado más capaces de enfrentarse a la competencia exterior (Porter, 1990, en *ibid.*).

Esta rivalidad empresarial puede manifestarse en forma de precios (sería el caso de mercados más o menos perfectamente competitivos) o mediante la diferenciación del producto (mercados imperfectamente competitivos) (Salas, *op. cit.*). Es, precisamente, en la competencia vía precios, típica de mercados en los que los productos están poco diferenciados entre sí, donde la influencia del marco macroeconómico expuesto en el epígrafe anterior será más acusada; en el caso de nuestro país, por ejemplo y tal y como se ha comentado en el epígrafe anterior, el diferencial de inflación que nuestra economía presenta con respecto al conjunto de países de la UE-25 perjudica la competitividad de nuestras empresas pertenecientes a sectores cuya competencia internacional se manifieste vía precios. Cualquier otro factor que afecte directamente sobre los costes de producción y, por ende, sobre los precios tendrá marcada influencia sobre la competitividad. En este sentido, la dotación factorial del país influirá de forma decidida sobre la competitividad de los distintos sectores económicos; una economía con una intensidad relativa de trabajo, por ejemplo, posicionará mejor ante el sector exterior a aquellos sectores que empleen, en términos relativos, más trabajo que capital (*ibid.*; Martín, 1993).

Sin embargo, existen numerosos mercados en los que la competencia no se manifiesta exclusivamente vía precios. Recursos como la capacidad tecnológica, la imagen de marca, las redes de venta y distribución, etc. aparecen en el escenario como variables explicativas, al menos hasta cierto punto, de la competitividad de una empresa. Por otra parte, la evidencia empírica ilustra que la intervención en el mercado internacional de empresas cuyos productos compiten vía diferenciación generan una distribución irregular de las unidades productivas: las variedades de la gama de alta calidad se ubicarán en países capital intensivos, mientras que las variedades de gama baja en países trabajo intensivos (*ibid.*). Es decir, aparece la dotación factorial del país como variable explicativa de la especialización funcional de los países, aunque en este caso puede surgir un comercio intraempresarial controlado por empresas multinacionales que participan en el mercado con una gama completa de productos.

Lo comentado hasta ahora en el plano de los factores sectoriales determinantes de la competitividad permite definir, de forma simétrica a lo planteado dentro de los factores macroeconómicos, el tipo de políticas públicas de carácter sectorial, planteadas con el objetivo de mejorar la competitividad de determinada industria. En primer lugar, una política de defensa de la competencia permitirá introducir a los distintos sectores y empresas en la cultura de la competitividad y, de esta forma, capacitar a los agentes productivos a la hora de operar en el mercado internacional. En segundo lugar, el establecimiento de ayudas horizontales a aquellas empresas que invierten en activos intangibles (imagen de marca, capacidad tecnológica, etc.), junto con medidas proteccionistas ante la industria nacional, ayudarán a las empresas a invertir en este tipo de activos, cuya acumulación es generalmente lenta.

Estos grupos de políticas públicas (defensa de la competencia, ayudas a la inversión en activos intangibles, protección de la industria nacional, etc.) deben combinarse de forma acertada para garantizar la eficiencia en la asignación de recursos en mercados de competencia imperfecta (Salas, 1993). Precisamente, el debate se ubica actualmente en la definición de esta combinación óptima de políticas públicas, combinación que, más que probablemente, será muy distinta dependiendo del sector que se esté estudiando.

6.1.3. Mecanismos intraempresariales de mejora de la competitividad

Hasta ahora, se han presentado algunos mecanismos que los gobiernos disponen para influir en la competitividad de las empresas del país, con el fin de que su participación en el sector exterior resulte exitosa. Sin embargo, una empresa necesita ser competitiva incluso si sus planes de negocio no contemplan la posibilidad de intervenir en el mercado internacional. Los gobiernos intervienen o pueden intervenir para que los productos nacionales se enfrenten a la competencia internacional de forma exitosa, con el fin de garantizar cierto equilibrio en la balanza de pagos, por ejemplo. Sin embargo, una empresa que participe en un hipotético mercado blindado a la competencia internacional o, de forma alternativa, fabricando un producto con posibilidades de mercado exclusivamente internas, debe garantizar su “supervivencia” enfrentándose a sus competidores del mercado nacional con garantías de éxito.

En definitiva, las empresas poseen la capacidad (y la necesidad) de influir en su competitividad. Como se ha indicado en páginas anteriores, dentro de un mismo marco macroeconómico o sectorial más o menos garante de las capacidades de éxito de las empresas en la competencia internacional, existen empresas *más competitivas* que otras. Los planos macroeconómico y sectorial anteriormente comentados no logran explicar, en primer lugar, por qué algunas compañías (del mismo sector) operan de forma más exitosa que otras en el mercado internacional y, en segundo lugar, el éxito o fracaso de aquellas empresas que no participan, por unas u otras razones, en el mercado exterior.

Existen escasos estudios empíricos a nivel nacional que pretendan averiguar los factores empresariales internos determinantes de la competitividad. Un estudio de Peat Marwik para las Cámaras de Comercio Españolas, citado en Salas (1993), define a la empresa española como con escasa capacidad de adaptación y aprendizaje, poco internacionalizada, sin política de personal y sin afán investigador. El estudio citado define, finalmente, a la empresa española de principios de los noventa como escasamente competitiva; sobre la base de este estudio y de los elementos citados como causas de la escasa competitividad de nuestras empresas, a continuación se procede a la

cita de algunos aspectos intraempresariales determinantes de la competitividad calificados como de mayor relevancia (Martín, 1993). En posteriores epígrafes se procederá al análisis de aquellos sobre los que, presumiblemente, la **E4** tendrá más efectos:

- a) Política de recursos humanos, entendida en términos amplios (relaciones entre empleado y empleador, política de formación, sistemas de información y organización interna, etc.).
- b) Política tecnológica empresarial, o inversiones en actividades de I+D y, por lo tanto, acceso, utilización y mejora de las técnicas de producción, relativas tanto a procesos como a productos.
- c) Reputación ante los consumidores, o generación de imagen de marca o capital comercial, con el fin de capturar cierto poder de mercado que permita imponer a los consumidores precios superiores.
- d) Organización de los suministros y proveedores (basándose en el criterio de minimización de los costes de transacción), redes de distribución, etc.

En definitiva, las empresas disponen de un margen importante para mejorar su competitividad mediante la mejora de, entre otros, los aspectos citados. Porter (1986 y 1996) realizan un extenso análisis teórico de las estrategias que las empresas pueden implementar para mejorar su competitividad; este autor identifica tres estrategias genéricas (liderazgo en coste, diferenciación y enfoque), cada una de ellas con objetivos distintos y demandante de unos recursos y habilidades concretas para su materialización (v. *Cuadro 6.1*).

Cuadro 6.1: Capacidades a desarrollar por las empresas, según la estrategia competitiva adoptada

Estrategia genérica	Habilidades y recursos necesarios	Requisitos organizacionales comunes
Liderazgo total en costes	Inversión constante de capital y acceso al capital Habilidad en la ingeniería del proceso Supervisión intensa de la mano de obra Productos diseñados para facilitar su fabricación Sistemas de distribución de bajo coste	Rígido control de costes Informes de control frecuentes y detallados Organización y responsabilidades estructuradas Incentivos basados en alcanzar objetivos estrictamente cuantitativos
Diferenciación	Fuerte habilidad en comercialización Ingeniería del producto Instinto creativo Fuerte capacidad en la investigación básica Reputación empresarial de liderazgo tecnológico y de calidad Larga tradición en el sector industrial o una combinación de habilidades únicas derivadas de otros negocios Fuerte cooperación de los canales de distribución	Fuerte coordinación entre las funciones de I+D, desarrollo del producto y comercialización Mediciones e incentivos subjetivos en lugar de medidas cuantitativas Fuerte motivación para allegarse trabajadores altamente capaces, científicos o gente creativa
Enfoque	Combinación de las capacidades anteriores dirigidas al objetivo estratégico particular	Combinación de las políticas anteriores dirigidas al objetivo estratégico particular

Fuente: Porter (1986)

Dentro de un marco macroeconómico y sectorial concreto, definido por las políticas económicas nacionales (y supranacionales, en su caso), las empresas podrán diferenciarse de sus competidores invirtiendo en activos tangibles (maquinaria, etc.) e intangibles (capital tecnológico, comercial y humano, etc.); la intensidad y carácter de estas inversiones dependerá, de nuevo, de la estrategia competitiva adoptada por la

empresa. La inversión en activos intangibles, especialmente intensa (aunque en absoluto exclusiva) de una estrategia de diferenciación, posee un mayor período de maduración, incertidumbre sobre sus resultados y puede no ser del todo apropiable por las empresas que la llevan a cabo; como contrapartida, los resultados suelen tener una rentabilidad más elevada (Martín, 1993). El diagnóstico de la competitividad de la empresa española recogido en Salas (1993) y expuesto en páginas previas define, precisamente, a los activos intangibles (capital tecnológico, comercial y humano) como factores de competitividad de los que nuestras empresas se deben dotar para mejorar su comportamiento en el mercado internacional. La relevancia de estos activos intangibles, desde la óptica empresarial, podría explicarse acudiendo al marco macroeconómico; el diferencial de inflación, por ejemplo, que nuestro país presenta respecto al resto de países de la UE (destinatario mayoritario de nuestras exportaciones) dificulta una estrategia competitiva basada en el liderazgo de costes (es decir, en la competencia vía precios).

La importancia que estos activos intangibles parecen tener sobre la competitividad de la empresa española merece que en posteriores epígrafes se presente una breve revisión bibliográfica sobre los mismos y, especialmente, sobre aquellos en los que las medidas propuestas por la *E4* tendrán más incidencia.

6.2. Un marco integrador de los tres niveles de estudio de la competitividad

Existen escasos ejemplos en la literatura que se planteen el objetivo de estudiar la influencia de estos tres niveles de factores que afectan a la competitividad. Rodríguez (1993) y Gordo *et al.* (2004) plantean marcos de estudio similares que permiten confirmar la existencia de factores competitivos distintos al precio y estrechamente relacionados con mecanismos intraempresariales de mejora de la competitividad.

Rodríguez (*op. cit.*) plantea la hipótesis de que en aquellos sectores que tienen una posición de desventaja (ventaja) comparativa, las empresas que ganan (pierden) cuota de mercado en los últimos años deben operar en el mercado de forma sobre-competitiva (sub-competitiva). De forma adicional, en aquellos sectores en los que la

economía española presenta desventajas competitivas, existen incentivos más fuertes para que las empresas planteen estrategias competitivas que les permitan vencer esa desventaja; por el contrario, en sectores con ventajas comparativas respecto al exterior, las empresas no necesitan desarrollar este tipo de mecanismos que les permitan posicionarse mejor ante el mercado exterior.

En primer lugar, es necesario disponer de información respecto a las denominadas ventajas comparativas. Las ventajas comparativas se basan en la abundancia relativa de un determinado factor de producción, es decir, nos informan, siquiera de forma implícita, sobre la dotación factorial (capital, trabajo, etc.) de cierta economía. Más concretamente, el índice de ventaja comparativa revelada (*IVCR*) expresa, para cada sector y en un determinado momento, el déficit o superávit de dicho sector como porcentaje del comercio total de ese tipo de bienes. De esta forma, el índice alcanzará valores positivos en aquellos sectores de producción en los que el país tenga ventajas comparativas (es decir, menores costes de producción), en relación con otros países.

La *Tabla 6.1* muestra la evolución del *IVCR* de distintos sectores de la economía española durante los años ochenta y noventa, respecto al principal mercado de España (la UE) y el resto del mundo. La evolución de las ventajas comparativas de España respecto a sus competidores europeos es de ligera mejoría de las mismas en términos globales entre 1986 y 1997; los sectores de tecnología baja y, en mayor medida, de alta tecnología explican este aumento, junto con un ligero descenso de la escasa ventaja comparativa que disponía España en el sector de tecnología media.

Las mejoras más altas en términos de ventajas comparativas de España respecto a la UE tienen lugar, precisamente, entre los sectores intensivos en tecnología, salvo en el caso del sector de minerales y productos no metálicos, de escasa intensidad tecnológica. La importancia del sector construcción en la economía del país explica esta importante mejora.

Respecto a sus competidores de la Unión Europea, España presenta ventajas comparativas en los sectores de material de transporte (intensivo en capital), textil,

cuero y vestido, productos alimenticios y tabaco y minerales y productos no metálicos (industria intensiva en energía); salvo en éste último, entre 1986 y 1997 se ha producido un descenso de las ventajas comparativas reveladas, descenso muy acusado en el caso del sector textil.

Tabla 6.1: Índice de Ventaja Comparativa Revelada (IVCR) entre 1981 y 2000, con respecto al total del mundo y la Unión Europea

	UE		Resto del mundo	
	1986	1997	1986	1997
Total manufacturas	-10,4	-8,2	3,1	-1,9
Sectores de alto contenido tecnológico	-38,2	-31,8	-36,4	-18,9
<i>Material y equipo eléctrico</i>	-30,4	-23,0	-49,1	-11,0
<i>Máquinas de oficina y proceso de datos</i>	-35,3	-42,1	-77,9	-57,8
<i>Productos químicos</i>	-44,1	-35,0	-7,5	-3,0
Sectores de tecnología media	0,8	0,3	21,8	11,8
<i>Caucho y plásticos</i>	-1,7	-8,2	38,0	4,5
<i>Material de transporte</i>	18,8	12,4	28,9	19,0
<i>Maquinas agrícolas e industriales</i>	-34,4	-35,3	16,2	16,7
<i>Otros productos manufacturados y madera</i>	17,3	-0,2	3,7	-17,2
Sectores de bajo contenido tecnológico	-1,6	-0,8	19,3	-0,7
<i>Textil, cuero y vestido</i>	27,9	8,4	28,7	-13,6
<i>Minerales y metales férreos y no férreos</i>	-21,4	-17,4	21,8	-18,1
<i>Minerales y productos no metálicos</i>	6,6	24,5	32,7	50,3
<i>Papel, artículos de papel e impresión</i>	-16,6	-22,2	34,7	25,3
<i>Productos alimenticios y tabaco</i>	11,4	8,7	-5,1	-14,4
<i>Productos metálicos</i>	-15,9	-7,3	43,0	37,1

Fuente: Martín (1999)

La posición de España respecto al mercado internacional, en términos de ventajas comparativas reveladas, presenta múltiples sectores con *IVCR* positivos entre industrias de tecnología baja y media y una posición ligeramente mejor en industrias intensivas en tecnología, aunque en estos casos se siguen manteniendo importantes desventajas

comparativas. Al igual que en la comparación con los países de la Unión Europea, entre 1986 y 1997 España redujo sustancialmente su desventaja comparativa en las industrias más tecnológicas y perdió sus ventajas comparativas en el sector de tecnología más baja; el sector de tecnología baja presenta actualmente ligeras desventajas comparativas.

A modo de conclusión, España, entre 1986 y 1997, ha reducido sustancialmente sus desventajas comparativas frente a la UE en los sectores más intensivos en tecnología manteniendo su posición en los sectores de tecnología media y baja. Con respecto a su posición en el mercado internacional global, España también ha mejorado su posición en los sectores de tecnología alta pero, en este caso, a costa de ceder ventajas comparativas en el sector de tecnología más baja, especialmente. Y es que los sectores en los que la economía española ha estado especializada hasta ahora, aquellos con menores o medios requerimientos tecnológicos, son, precisamente, los sectores en los que la competitividad se manifiesta vía precios y costes relativos (Banco de España, 2001). España se enfrenta en el mercado internacional global ante países de reciente industrialización, con menores costes laborales y, por ello, con ventajas comparativas en estos sectores de producción de bienes intensivos en mano de obra no cualificada. El *Tabla 6.1* recoge esta pérdida progresiva de ventaja comparativa en los sectores de tecnología baja y media, especialmente en la comparación de España frente al resto del mundo. En el seno de la UE, España no se enfrenta a este tipo de competidores, por lo que ha podido mejorar su posición en los sectores más tecnológicos variando muy poco sus ventajas comparativas en el resto de sectores menos intensivos en tecnología.

Los indicadores de competitividad estructural recogidos en la *Tabla 6.2* confirman, en primer lugar, la escasa dotación tecnológica de la economía española (en relación con los países de su entorno más inmediato, la UE), explican sus desventajas comparativas en aquellos sectores más tecnológicos y, finalmente, muestran el esfuerzo de la economía española por mejorar su comportamiento en estos sectores, aumentando su capital tecnológico (aún lejano a la media de la UE) y el esfuerzo inversor del país en términos de infraestructuras públicas.

Tabla 6.2: Indicadores de competitividad estructural

	España/UE Niveles (%)		España Δ
	1990	1999	1999-90
Capital físico			
<i>Stock</i> de capital total/empleo	85,4	89,6	2,2
<i>Stock</i> de capital privado/empleo	77,6	80,8	2,5
Capital tecnológico/PIB	33,3	40,8	4,1
Capital humano/población entre 16-24 años	62,9	71,7	2,9
Capital público/población	52,8	70,5	4,5

Fuente: Banco de España (2001)

Las Tablas 6.3 y 6.4 y el Gráfico 6.3 completan el marco de análisis propuesto por Rodríguez (1993) y confirman la hipótesis de partida de este autor. En primer lugar, son las empresas de más de 200 trabajadores las que presentan mayor participación en el mercado internacional. De forma adicional, estas grandes empresas, en competencia en el exterior con empresas de más reducido tamaño, no sólo presentan una cuota de participación en el mercado exterior mucho mayor, sino que también la aumentan a mayor ritmo.

Por otra parte, y a pesar de que la economía española presenta únicamente una ligera ventaja competitiva frente a sus competidores europeos (la UE acapara el 70% de los productos puestos por España fuera de sus fronteras) en el sector de tecnología media, estas tablas y gráficos muestran un aumento sostenido de la cuota de mercado de los productos españoles dentro del mercado de la UE.

Tabla 6.3: Variaciones medias de la cuota de mercado de las empresas entre 1998 y 2002. Diferencias en puntos porcentuales

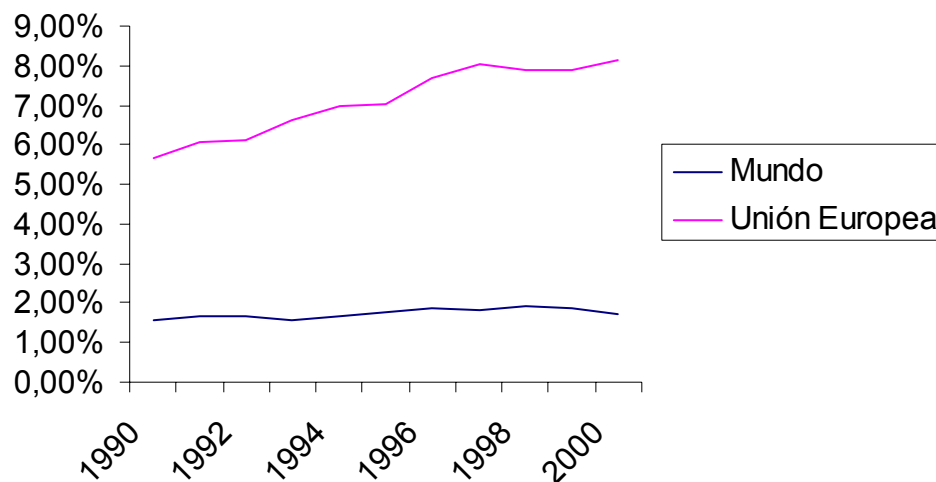
	Tamaño de la empresa (n° de trabajadores)									
	200 y menos					Más de 200				
	1998	1999	2000	2001	2002	1998	1999	2000	2001	2002
Local, provincial o regional	-0,3 (36,3)	-0,7 (36,2)	0,1 (36,2)	0,2 (39,0)	-0,7 (35,2)	0,3 (4,2)	1,8 (4,8)	-0,1 (5,8)	-1,9 (6,4)	-3,9 (7,7)
Nacional	0,7 (43,3)	0,1 (43,8)	-1,5 (41,9)	-0,1 (41,1)	-0,8 (42,0)	-1,1 (36,7)	0,4 (35,7)	-1,0 (35,6)	-1,1 (35,3)	-1,4 (37,5)
Interior y exterior	0,3 (15,2)	0,6 (15,9)	0,5 (16,9)	0,3 (15,5)	-1,4 (17,7)	1,8 (48,2)	-0,6 (49,3)	1,6 (48,0)	0,1 (44,5)	-1,1 (42,1)
Exterior	-1,1 (5,2)	0,6 (4,1)	1,0 (4,9)	0,4 (4,4)	-2,7 (5,1)	6,8 (10,9)	-0,4 (10,2)	2,6 (10,6)	2,3 (13,8)	2,4 (12,9)
TOTAL	0,2 (100)	-0,1 (100)	-0,5 (100)	0,1 (100)	-1,0 (100)	1,0 (100)	-0,3 (100)	0,7 (100)	-0,1 (100)	-1,0 (100)

Fuente: Encuesta sobre Estrategias Empresariales. Las empresas industriales en 2002. Instituto Nacional de Estadística

Nota: Entre paréntesis figuran los porcentajes de empresas según el ámbito geográfico de su mercado principal

Según se recoge en la *Tabla 6.4*, incluso en los sectores de alta tecnología, donde España presenta una importante desventaja competitiva frente a otros países de la UE-15, se produjo un aumento de la cuota de mercado entre 1995 y 2002. España sigue estando especializada en los sectores con menores exigencias tecnológicas (donde se registra el mayor aumento de la cuota de mercado en Europa), aunque, de nuevo, se percibe el esfuerzo de la economía española por participar de forma más activa en los mercados de productos de alta tecnología.

Gráfico 6.3: Evolución de la cuota de mercado de España en el mercado internacional y en el de la Unión Europea entre 1990 y 2000



Fuente: Elaboración propia a partir de WTO (2001)

Tabla 6.4: Cuotas de exportación de España en la UE-15 por intensidad tecnológica entre 1995 y 2002 (%)

	1995	2002
Tecnología alta	1,4	1,6
Tecnología media-alta	4,6	5,1
Tecnología media-baja	3,2	3,7
Tecnología baja	2,7	3,7

Fuente: Gordo et al. (2004)

El aumento de la cuota de mercado en esta situación de desventaja comparativa se corrobora también acudiendo a la comparación de la primera frente a los niveles de precios de la UE-15 con respecto a España, ejercicio realizado por Gordo *et al.* (2004).

Tabla 6.5: Niveles de precios de España con respecto a la UE-15 por intensidad tecnológica

	1995	2001
Total manufacturas	0,94	0,96
Industrias de tecnología alta	0,96	1,03
<i>Aeronaves</i>	<i>0,89</i>	<i>1,35</i>
<i>Productos farmacéuticos</i>	<i>0,62</i>	<i>0,69</i>
<i>Máquinas de oficina y equipos informáticos</i>	<i>1,22</i>	<i>1,44</i>
<i>Material electrónico y comunicaciones</i>	<i>0,97</i>	<i>1,02</i>
<i>Equipos quirúrgicos, óptica y de precisión</i>	<i>1,02</i>	<i>1,01</i>
Industrias de tecnología media-alta	0,87	0,90
<i>Maquinaria y material eléctrico</i>	<i>0,89</i>	<i>0,94</i>
<i>Vehículos de motor</i>	<i>0,85</i>	<i>0,86</i>
<i>Industria química (excepto farmacia)</i>	<i>0,91</i>	<i>1,02</i>
<i>Material ferroviario y otro equipo de transporte</i>	<i>1,03</i>	<i>1,11</i>
<i>Maquinaria y equipo mecánico</i>	<i>0,89</i>	<i>0,91</i>
Industrias de tecnología media-baja	0,98	0,98
<i>Embarcaciones</i>	<i>0,90</i>	<i>1,01</i>
<i>Caucho y materias plásticas</i>	<i>1,02</i>	<i>0,98</i>
<i>Refino del petróleo y coquerías</i>	<i>1,12</i>	<i>1,10</i>
<i>Otros productos minerales no metálicos</i>	<i>0,88</i>	<i>0,91</i>
<i>Metalurgia y fabricación de productos metálicos</i>	<i>0,99</i>	<i>0,98</i>
Industrias de tecnología baja	1,08	1,06
<i>Alimentación, bebidas y tabaco</i>	<i>1,02</i>	<i>1,01</i>
<i>Textiles, confección, cuero y calzado</i>	<i>1,22</i>	<i>1,19</i>
<i>Madera, corcho, papel, artes gráficas y edición</i>	<i>0,94</i>	<i>0,95</i>
<i>Manufacturas diversas</i>	<i>1,12</i>	<i>1,08</i>

Fuente: Gordo et al. (2004). Datos de Banco de España a partir de los datos de COMEXT de EUROSTAT

En base a la información recogida en las Tablas 6.4 y 6.5, Gordo et al. (2004) formulan una conclusión en la que incluyen como factor competitivo la calidad de los productos. Estos autores barajan una hipótesis similar a la formulada por Rodríguez (1993): si la

competencia en el mercado internacional se da únicamente vía precios, el hecho de que existan economías que presenten un nivel de precios más alto (bajo) y una ganancia (pérdida) de cuota de mercado, se debe al comportamiento sobre-competitivo (sub-competitivo) de sus empresas en el mercado internacional.

En un escenario de competencia perfecta, sin diferenciación de productos, aquellos países (y empresas) capaces de producir con menores costes y, por tanto, capaces de comercializar sus productos a menores precios, deberían ver aumentada su cuota de mercado. El hecho de que España, según la *Tabla 6.5*, comercialice sus productos de menor contenido tecnológico en el mercado de la UE-15 a precios superiores y que, según la *Tabla 6.4*, aumente su cuota de mercado indica que estos productos españoles disponen de una serie de atributos distintos al precio que los hace más atractivos en el mercado. Gordo *et al.* (2004) formulan el supuesto básico de que los productos de mayor calidad [entendida ésta en el sentido más amplio posible] incorporan características que los consumidores valoran positivamente, de modo que están dispuestos a pagar un mayor precio.

Estos mismos autores profundizan en este análisis mediante el análisis del comercio intraindustrial (intercambio simultáneo de productos diferenciados pertenecientes a un mismo sector o industria). El análisis que realizaron estos autores permite calificar esta diferenciación como horizontal (basada en diseños distintos o en la creación de marcas) o vertical (basada en la calidad de los productos). España (o los productos españoles) intervienen en el mercado de la UE-15 mediante una diferenciación vertical, excepto en la rama de vehículos a motor; de forma adicional, la calidad de los productos exportados por la economía española es inferior a la de las importaciones de la UE en la mayoría de las actividades, excepto en las ramas intensivas en mano de obra y con menor contenido tecnológico.

España mantiene distintas posiciones competitivas en el mercado internacional y en el mercado interno de la UE. En ambos ámbitos se observa el esfuerzo de España por reducir sus desventajas competitivas en los sectores de producción más intensivos en tecnología. Este esfuerzo viene acompañado de una reducción de la competitividad de

los sectores intensivos en mano de obra frente al mercado global, mientras que en el mercado de la UE España mantiene sus ventajas comparativas en estos mismos sectores. De forma adicional, el mercado de la UE parece reconocer a los productos españoles que requieren menos capacidad tecnológica una serie de atributos que permiten a España aumentar su cuota en el mercado europeo a pesar de que sus productos tengan mayores precios relativos.

A pesar de que no existen ejemplos en la literatura que estimen la influencia relativa de cada uno de los tres niveles de competitividad (macro, sectorial y empresarial), los trabajos de Rodríguez (1993) y Gordo *et al.* (2004) expuestos e ilustrados en páginas previas permiten corroborar la hipótesis expuesta en las páginas iniciales del presente capítulo: que ninguna de las posturas iniciales recogidas por Nelson (1992) y tan netamente diferenciadas (influencia exclusiva de los factores macroeconómicos o influencia exclusiva de los factores intraempresariales) permite explicar la competitividad de cierta economía en el mercado internacional.

Resulta evidente que el marco macroeconómico dentro del cual una empresa desarrolla su actividad tiene unos efectos importantes sobre la competitividad de dicha empresa en el mercado internacional. La escasa dotación de capital tecnológico que muestra la economía española explica las desventajas comparativas de nuestro país en aquellos sectores más intensivos en tecnología y la especialización de España en los sectores de tecnología media o baja. En el marco del comercio internacional con países fuera de la órbita de la UE, España se enfrenta a países con unos costes laborales (por ejemplo) sustancialmente menores, lo que reduce la competitividad de España en los sectores más intensivos en mano de obra en los que la economía española ha estado tradicionalmente especializada, a lo que se le une el escaso capital tecnológico que tiene España. Sin embargo, dentro de la UE, escenario en el que se reducen las posibilidades de que un país puede diferenciarse del resto en la esfera macroeconómica (política monetaria común, por ejemplo), España, a pesar de ofrecer sus productos a precios superiores, aumenta de forma sostenida su cuota de mercado; es más, aumenta de forma sostenida su cuota de mercado en aquellos sectores (los menos tecnológicos) en los que la competencia se establece, esencialmente, vía precios. De esta aparente

paradoja se deduce que los productos españoles menos tecnológicos disponen de una serie de atributos basados en la calidad (diferenciación vertical) que les permiten ser competitivos a pesar de su mayor precio.

6.3. Un análisis de la influencia de la E4 sobre la competitividad

De la misma forma que es posible (y recomendable, al menos desde el punto de vista analítico) el estudio de la competitividad a nivel macro (país), meso (sector) y micro (empresa), también puede resultar interesante esbozar el estudio de los efectos de la *E4* sobre la competitividad en estos tres niveles. Este esquema de análisis nos permitirá conocer y dimensionar los efectos de la Estrategia sobre aspectos que han sido calificados como clave en páginas anteriores (capital tecnológico, por ejemplo), descender posteriormente al nivel sectorial en función del esfuerzo inversor de cada uno de los sectores contemplados por la *E4* y de su apertura al comercio exterior y, finalmente, exponer los incentivos que las empresas pueden tener para invertir en reducir su consumo de energía manteniendo su producción y las barreras existentes a la realización de dicha inversión. En el estudio de este último nivel, se ofrecerán los resultados que las encuestas realizadas dentro del marco metodológico del presente proyecto han arrojado al respecto.

6.3.1. Algunos efectos de la E4 sobre la competitividad a nivel macroeconómico

La especialización de España, dentro del mercado interno de la UE, en aquellos productos con menor contenido tecnológico se relaciona directamente con el escaso capital tecnológico que muestra nuestro país en relación con los países de su entorno más inmediato. El capital tecnológico, definido como el fondo acumulado de conocimientos que forma parte de los activos intangibles, se obtiene a partir de las actividades de I+D (Puente y Pérez, 2004):

$$K_t = K_{t-1} + GID_t - dK_{t-1} \quad [1], \text{ donde}$$

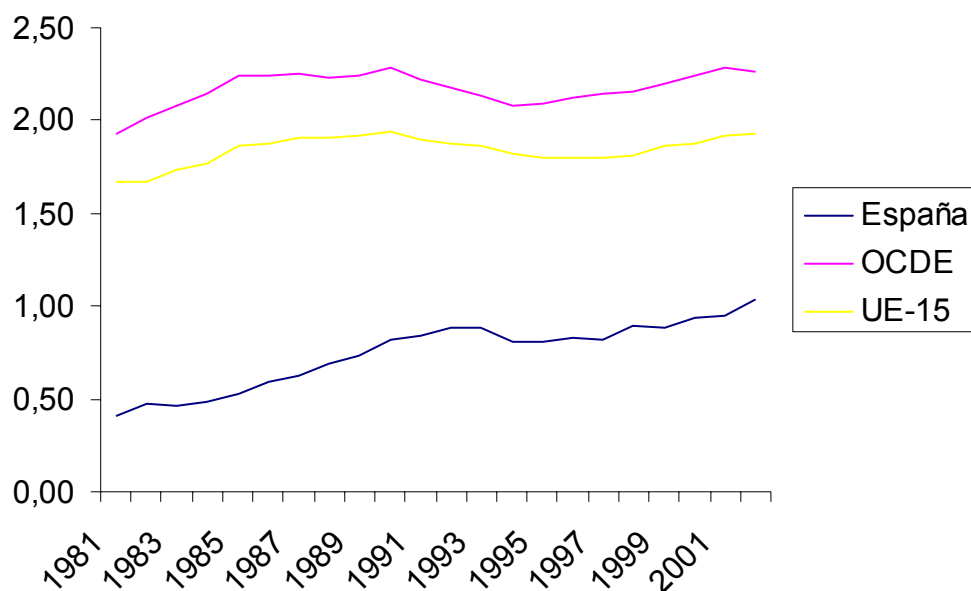
K = *stock* de capital tecnológico

GID = gasto en I+D

d = tasa de depreciación del capital

Algunos autores introducen un desfase entre la realización del gasto y su incorporación al *stock* tecnológico con la intención de aproximarse a una realidad en la que los resultados de las actividades de I+D no son inmediatos (*ibid.*). Sobre la base de los datos de inversión en I+D recogidos en el *Gráfico 6.4*, aplicando una tasa de depreciación del 15% y sin tener en cuenta el más que probable desfase temporal entre inversión y resultados, Puente y Pérez (2004) estiman el *stock* de capital tecnológico que dispone España y lo compara con el de la UE-15; estos datos se recogen en la *Tabla 6.6*.

Gráfico 6.4: Gastos internos totales en actividades de I+D. Porcentaje sobre el PIB



Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Estadística de I+D. 2003

**Tabla 6.6: Stock de capital tecnológico en España en comparación con la UE15.
Niveles (%)**

	España	UE15	España/UE15
1980	2,2	9,1	24,7
1990	2,9	9,1	32,5
1995	4,2	10,2	41,4
2000	4,7	10,8	43,8
2001	4,9	11,2	44,2
2002	5,3	11,6	45,3

Fuente: Puente y Pérez (2004), a partir de datos del Banco de España

Los datos expuestos en la *Tabla 6.6* ilustran, de nuevo, el escaso *stock* de capital tecnológico de nuestro país con respecto a los países de su entorno y los esfuerzos de España por alcanzar los niveles de la UE-15, esfuerzos también recogidos en la *Tabla 6.2*. Aún así, España dispone de un capital tecnológico que no llega al 50% del acumulado por el conjunto de países de la UE-15.

En la breve descripción de la *E4* realizada en el *Capítulo 2*, puede apreciarse el elevado contenido tecnológico que posee el conjunto de medidas propuesto por este documento. La mayor parte del gasto e inversión prevista por la Estrategia se dedica a la innovación tecnológica, mediante la sustitución de tecnologías por otras más eficientes en términos energéticos. De esta forma, las medidas propuestas por la *E4*, rentables financiera y económicamente en una elevada proporción (en algunos casos gracias a las apoyos financieros por parte del Estado) tendrán su reflejo en el aumento del gasto en I+D; precisamente, la adquisición de maquinaria de equipo, aspecto en el que se centra en esencia las medidas de la *E4*, representa un tercio (32,51%) del total de gasto en actividades de I+D (v. *Gráfico 6.5*).

Gráfico 6.5: Distribución porcentual por actividades de I+D del gasto total de las empresas innovadoras



Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Encuesta de Innovación 2002.

La *E4* estima una inversión total, entre 2004 y 2012, de 24.098 M€, que equivalen a 23.281 M€ en valor actualizado neto, a 1 de enero de 2004 y aplicando una tasa de descuento financiera del 2%. Sin embargo, una proporción importante de las inversiones en eficiencia energética en el sector transporte hacen referencia a cambios en los comportamientos de movilidad de mercancías y pasajeros, por lo que no deberían computarse como gasto en I+D. En definitiva, entre 2004 y 2012 el gasto en investigación y desarrollo recogido por la *E4* asciende a 21.352 M€ o, lo que es lo mismo, unos 2.372 M€ anuales. En el año 2000, el gasto en innovación ascendió a 10.174,3 M€ según el Instituto Nacional de Estadística⁵, equivalente a un 1,67% del Producto Interior Bruto de España. Asumiendo un crecimiento económico del 3% anual entre 2000 y 2012 (cifra aplicada en la definición de los denominados escenario

⁵ <http://www6.mcyt.es/indicadores>

base y de eficiencia de la **E4** para el período entre 2004 y 2012 y que supone una cifra conservadora para el cálculo que posteriormente se detalla), los 21.352 M€ de inversión en I+D contemplados por la **E4** supondrían un 0,31% del PIB acumulado entre 2004 y 2012.

Aún siendo una estimación imperfecta que, por lo tanto, debe entenderse como una cifra meramente aproximativa e ilustrativa, puede concluirse que la inversión en eficiencia energética recogida por la **E4** supondrá un importante impulso en términos de capital tecnológico y, por lo tanto, resulta, en primer lugar, consistente con los esfuerzos realizados por España en este sentido en las últimas décadas y, en segunda instancia, importante con el fin de mejorar la competitividad de España en el mercado interno de la UE y, quizás de forma más importante, en el mercado internacional extraeuropeo.

6.3.2. Algunos efectos de la E4 sobre la competitividad a nivel sectorial

La influencia, positiva o negativa, del conjunto de medidas propuesto por la **E4** puede estudiarse por dos vertientes distintas. En primer lugar, la rentabilidad financiera de las medidas no parece comprometer (más bien al contrario) los parámetros competitivos básicos (precios) de nuestro sector industrial; en segundo lugar, exigencias ambientales europeas paralelas a la eficiencia energética (reducción de emisiones de gases de efecto invernadero) parece que tendrán escasa repercusión negativa sobre la competitividad frente a países que no adquirieron esos compromisos. En posteriores páginas analizaremos ambos aspectos.

La rentabilidad financiera de las inversiones contempladas por la **E4** en estos sectores (y en el global de los sectores industriales), medida en términos de Tasa Interna de Retorno (*TIR*), supera en todos los casos el 30%, lo que garantiza la racionalidad privada de las inversiones tanto a nivel sectorial como empresarial. Un mayor gasto en costes fijos (tecnologías de eficiencia energética) es compensado por un importante ahorro en costes variables (menor consumo de energía). Por otra parte, en el cálculo de esta medida de rentabilidad no han sido incorporados otros beneficios asociados a la mejora de la productividad de otros factores de producción (menor consumo de

materias primas, reducción de costes de operación y mantenimiento, etc.) que, tal y como se ha estudiado en el *Capítulo 5*, podrían tener importantes repercusiones positivas sobre la rentabilidad de las medidas de eficiencia energética (Worrel *et al.*, 2001).

Una reducción de los costes variables implica una reducción de los costes marginales y, por ende, de los precios de mercado. Es decir, las empresas inversoras en eficiencia energética tendrán la posibilidad de reducir los precios de sus productos o, en caso de operar en mercados no competitivos y/o tener cierto poder de mercado, aumentar su margen de beneficio. La elasticidad-precio del producto ofrecerá información sobre la variación de la demanda en función de un descenso de los precios, permitiendo a las empresas conocer si resulta rentable producir más a menor precio o mantener tanto producción como precio y aumentar sus beneficios.

En definitiva, el tipo de mercado en el que opera el sector inversor, el estado de los precios relativos internacionales en el momento de realizar la inversión y la elasticidad-precio de la demanda serán variables que determinarán la capacidad del sector para ganar competitividad ante un descenso en sus costes de producción (costes variables) y, por tanto, ante la posibilidad de reducir el precio de sus productos. Algunos sectores de tecnología media y baja, precisamente sobre los que la **E4** centra gran parte del esfuerzo inversor (en concreto, sectores como el de alimentación y químico), poseen una posición en el mercado europeo (*Tablas 6.4 y 6.5*) que les permite aumentar su cuota de mercado incluso ofreciendo sus productos a precios superiores; estas empresas tendrán la opción de reducir el precio de sus productos si la elasticidad-precio de la demanda es elástica (el aumento de la demanda es más que proporcional al descenso de los precios) o de aumentar su margen de beneficios. Otros sectores a los que la **E4** también supone un importante esfuerzo inversor (metalurgia, minerales no metálicos) y que presentan unos precios inferiores a la media en el mercado europeo podrán aumentar su competitividad vía reducción de precios o igualmente aumentar también su margen de beneficios.

Sin embargo, ante una propuesta de elevar el nivel de protección ambiental suele surgir, prácticamente de forma invariable, la preocupación respecto a la pérdida de competitividad. Por ejemplo, la adopción por parte del conjunto de la UE de los compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) contenidos en el denominado Protocolo de Kyoto ha sido motivo de preocupación por una supuesta pérdida de competitividad de la industria europea respecto a la estadounidense, cuya administración no ha ratificado dicho protocolo.

Manteniendo el discurso en el ámbito del Protocolo de Kyoto, relacionado con la eficiencia energética al ser su mejora uno de los mecanismos de reducción de emisiones de GEIs, Quirion (2002 y 2003) y Quirion y Hourcade (2004) demuestran mediante un sencillo modelo de equilibrio parcial el escaso impacto que sobre los sectores más intensivos en energía y, por tanto, en emisiones de GEIs tendrá el futuro mercado de emisiones europeo.

En primer lugar, y a nivel europeo, aquellos sectores más intensivos en energía (hierro y acero, minerales, papel, generación de energía, refinado de petróleo e industria química) son los menos expuestos al mercado internacional extraeuropeo; únicamente el sector de los minerales no férreos es intensivo en energía y más expuesto al mercado internacional que la media.

En segundo lugar, estos autores estiman la pérdida de ventas asociada a las restricciones en las emisiones de GEIs con diferentes elasticidades-precio de la demanda y lo comparan con un aumento del 10% del tipo de cambio del euro frente a otras monedas. Los resultados de este ejercicio se recogen en la *Tabla 6.7*; las columnas indican las fuentes de las distintas elasticidades-precio empleadas para el análisis.

Tabla 6.7: Descenso en facturación asociado a las cuotas de emisión de gases de efecto invernadero subastadas

	GTAP model	Fouquin <i>et al.</i> (2001) importaciones	Fouquin <i>et al.</i> (2001) exportaciones
Alimentación, bebidas y tabaco	-0,04%	-0,01%	-0,02%
Textil, cuero y calzado	-0,13%	-0,01%	-0,34%
Madera y productos derivados	-0,02%	-0,00%	-0,05%
Papel, industrias gráficas, etc.	-0,03%	-0,01%	-0,03%
Refino, coquerías y combustible nuclear	-0,99%	-1,45%	
Industria química	-0,15%	-0,05%	-0,37%
Minerales no metálicos	-0,81%	-0,23%	2,38%
Hierro y acero	1,03%	-0,16%	-1,20%
Metales no féreos	-0,49%	-0,09%	0,26%
Maquinaria y equipamiento	-0,08%	-0,03%	-0,08%
Material de transporte	-0,07%	-0,02%	-0,10%
Electricidad, gas y agua	-0,16%		
Total de estos sectores	-0,19%	-0,10%	-0,30%

Fuente: Quirion y Hourcade (2004)

Como puede apreciarse, el impacto sobre la competitividad de la puesta en funcionamiento del mercado europeo de emisiones de GEIs es menor, máxime cuando entre los sectores más afectados (en la *Tabla 6.7* se subraya en negrita los impactos superiores a 0,5%) no se encuentran los sectores más expuestos al mercado internacional extracomunitario.

Finalmente, y para poner en contexto estos resultados, este ejercicio emprende la comparación del impacto de la puesta en marcha de la Directiva de emisiones de GEIs con un incremento del 10% en los tipos de cambio del euro frente a otras monedas (entre mayo de 2004 y febrero de 2005, el tipo de cambio euro-dólar ascendió desde 1,1826 *US\$/€* a 1,3035 *US\$/€*, un incremento del 10%). El impacto de esta subida en

los tipos de cambio, recogida en la *Tabla 6.8*, es siempre significativamente mayor que el provocado por la entrada en funcionamiento del mercado europeo de emisiones, incluso adoptando un precio de la tonelada de CO₂ en el mercado de emisiones por encima de las estimaciones.

Tabla 6.8: Comparación del descenso en facturación asociado a las cuotas de emisión de gases de efecto invernadero subastadas a 20 €/Tm. de CO₂ frente a un incremento del 10% del precio de las monedas europeas

	20 €/Tm. CO ₂ (1)	Incremento del 10% en los tipos de cambio (2)	(1) / (2)
Alimentación, bebidas y tabaco	-0,04%	-3,0%	1,4%
Textil, cuero y calzado	-0,13%	-13,0%	1,0%
Madera y productos derivados	-0,02%	-5,1%	0,4%
Papel, industrias gráficas, etc.	-0,03%	-2,1%	1,6%
Refino, coquerías y combustible nuclear	-0,99%	-6,5%	15,2%
Industria química	-0,15%	-4,7%	3,1%
Minerales no metálicos	-0,81%	-4,1%	19,7%
Hierro y acero	1,03%	-6,7%	15,4%
Metales no féreos	-0,49%	-15,4%	3,2%
Maquinaria y equipamiento	-0,08%	-17,4%	0,5%
Material de transporte	-0,07%	-21,4%	0,3%
Electricidad, gas y agua	-0,16%	-0,3%	51,3%
Total de estos sectores	-0,19%	-9,6%	1,9%

Nota: Para este ejercicio se han empleados las elasticidades-precio propuestas por el equipo de GTAP

Fuente: Quirion y Hourcade (2004)

El hecho de que el impacto de la puesta en marcha del mercado de emisiones sobre la facturación de las empresas sea insignificante, añadido a que los sectores más afectados no sean los más activos en el mercado exterior, permiten desestimar el argumento de la pérdida de competitividad para evitar la puesta en marcha de la Directiva 2003/87/CE

de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero. Para un país como España, cuyas exportaciones se dirigen en un 70% al mercado intracomunitario, el impacto podría considerarse incluso menor.

Estos trabajos de Quirion y Hourcade, más que ofrecer resultados directamente relacionados con los efectos de la mejora en la eficiencia energética sobre la competitividad, permiten definir un marco de análisis de los efectos sobre la competitividad asociados a ciertas políticas públicas. Es decir, el análisis de los efectos que las medidas propuestas por la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética tendrán sobre la competitividad de los distintos sectores industriales precisa de un análisis adicional respecto, en primer lugar, el peso de las exportaciones y del valor de la producción de cada sector respecto a los respectivos totales nacionales (v. *Tabla 6.9*) y, finalmente, el porcentaje que para cada sector representan sus exportaciones respecto al valor total de su producción (v. *Tabla 6.10*). La magnitud de la influencia sobre la competitividad del país dependerá de la proporción sobre el total de exportaciones que supongan los sectores económicos afectados y de la exposición al mercado exterior que tengan dichos sectores; por otra parte, el signo de la influencia (positivo o negativo) dependerá del tipo de efectos que la política pública tendrá sobre los sectores afectados.

Este marco de análisis puede ser desarrollado para el caso que nos ocupa, ejercicio que nos permitirá establecer una serie de criterios mediante los cuales estimar, siquiera cualitativamente, la influencia de la *E4* sobre la competitividad internacional de España.

Con los datos expuestos en la *Tabla 6.9* se aprecia la importancia del conjunto del sector industrial en el sector exterior de nuestro país (sus exportaciones superan el 90% del total de ventas al exterior) en relación con una participación en el total de producción del país que apenas llega al 31%. La importancia del sector de equipos de transporte (que concentra el 27% del valor total de las exportaciones) y de industrias con un contenido tecnológico menor (alimentación, bebidas y tabaco, industria química, textil, cuero y calzado, especialmente) reiteran de nuevo la especialización española en industrias de bajo o medio contenido tecnológico. Entre los sectores

agrupados en la clase de “Transformados metálicos” se encuentran algunos de elevado contenido tecnológico (equipos informáticos, maquinaria y material electrónico, etc.), pero únicamente el sector de construcción de maquinaria y equipo mecánico (de menores exigencias tecnológicas), con cerca de un 7% sobre el valor total de las exportaciones, alcanza porcentajes representativos.

Tabla 6.9: Valor absoluto y relativo de la producción y de las exportaciones de los distintos sectores industriales en el año 2000

	Exportaciones		Valor producción	
	M€	%	M€	%
Alimentación, bebidas y tabaco	9.918	7,99%	64.385	5,74%
Textil, cuero y calzado	7.974	6,42%	24.142	2,15%
Papel, industrias gráficas, etc.	3.778	3,04%	25.369	2,26%
Industria química	11.738	9,46%	32.584	2,91%
Minerales no metálicos	4.100	3,30%	21.458	1,91%
Metalurgia	6.187	4,98%	45.311	4,04%
Transformados metálicos	22.314	17,98%	41.770	3,73%
Equipos de transporte	33.757	27,19%	54.304	4,85%
Madera y corcho	937	0,75%	8.686	0,78%
Otras industrias	12.770	10,29%	27.358	2,44%
Subtotal sector industria	113.473	91,41%	345.367	30,82%
TOTAL	124.131	100%	1.120.716	100%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE) y Estadísticas del Sector Exterior de España de la Agencia Estatal de Administración Tributaria (<http://aduanas.camaras.org>)

Por otra parte, la exposición al mercado exterior de cada uno de los sectores industriales contemplados se estima mediante el cálculo de la proporción que las ventas al exterior suponen respecto al valor de la producción de cada uno de los sectores. Los datos que arroja este ejercicio se encuentran recogidos en la *Tabla 6.10*.

El esfuerzo inversor en eficiencia energética en el sector industrial se concentra, tal y como se recoge en el *Capítulo 2* del presente estudio, en los sectores de alimentación, bebidas y tabaco, industria química, minerales no metálicos y metalurgia. El conjunto de estos sectores representan algo más del 25% del total de exportaciones de nuestro país; por otra parte, tienen un nivel de exposición al sector exterior entre el 15% (alimentación, bebidas y tabaco) y el 36% (industria química) y se sitúan en un nivel de exposición al mercado exterior significativamente menor que la media del sector industrial, excepto en el caso de la industria química en el que su exposición se acerca a la media.

Tabla 6.10: Exposición al comercio exterior por sectores en el año 2000

Alimentación, bebidas y tabaco	15,40%
Textil, cuero y calzado	33,03%
Papel, industrias gráficas, etc.	14,89%
Industria química	36,02%
Minerales no metálicos	19,11%
Metalurgia	13,65%
Transformados metálicos	53,42%
Equipos de transporte	62,16%
Madera y corcho	10,79%
Otras industrias	46,68%
Subtotal sector industria	32,86%
TOTAL	11,08%

Fuente: *Elaboración propia a partir de Instituto Nacional de Estadística (INE) y Estadísticas del Sector Exterior de España de la Agencia Estatal de Administración Tributaria (<http://aduanas.camaras.org>)*

Esta información respecto a la posición e importancia del sector exterior entre los sectores que más esfuerzo inversor realizarán en el marco de la *E4*, junto con las consideraciones realizadas al inicio del presente capítulo (reducción de costes y, por tanto, de precios gracias a la inversión en eficiencia energética), permiten calificar de moderado o bajo el efecto positivo que tendrán las medidas contempladas por la

Estrategia sobre la competitividad internacional de España. Los sectores que más participan en el mercado exterior, que son a la vez los más expuestos al mismo (transformados metálicos y, sobre todo, equipos de transporte), no realizarán un esfuerzo inversor importante en eficiencia energética en el marco de la *E4*. Los sectores de alimentación, bebidas y tabaco, industria química, minerales no metálicos y metalurgia, que realizarán los mayores esfuerzos inversores, tienen una importancia también significativa en el mercado internacional (los cuatro sectores suman un 25% del valor de las ventas al exterior) pero sensiblemente menor a los sectores anteriormente citados.

6.3.3. Algunos efectos de la E4 sobre la competitividad a nivel empresarial

El estudio de la competitividad a nivel empresarial permite incorporar al análisis otros efectos que a nivel nacional o sectorial permanecen ocultos por el enfoque de competencia vía precios sobre el que se ha basado tradicionalmente el estudio de la competitividad internacional. El estudio a nivel sectorial permite acercarse a consideraciones sobre diferenciación de productos y poder de mercado, pero no permite estudiar aspectos relativos a la imagen de marca, aspecto que, entre otros, será considerado en líneas posteriores.

La literatura ha tratado de forma extensa estos y otros aspectos relacionados con los réditos empresariales asociados a un mejor comportamiento ambiental de cierta empresa respecto a sus competidores. Por una parte, existe un conjunto de literatura, íntimamente ligado a la denominada *hipótesis de Porter* (Porter, 1991 y Porter y van der Linde, 1995), que afirma que las regulaciones ambientales bien diseñadas (eficientes) incentivan la innovación, lo que genera un aumento de la productividad y, por tanto, de los beneficios privados de las empresas. Otro grupo de autores se centra en aspectos más intangibles, como el incremento de la reputación empresarial y sus efectos sobre el desempeño empresarial.

En la primera mitad de la década de los noventa, Porter, junto con otros autores, desafían el *status quo* en relación a la tensión entre exigencias ambientales y competitividad: “las regulaciones ambientales estrictas no entorpecen de forma

invariable la ventaja comparativa frente a rivales extranjeros” (Porter, 1991, pág. 96); de hecho, “el debate existente entre protección ambiental y competitividad ha sido enfocado de forma incorrecta” (Porter y van der Linde, 1995, pág. 97). Según Porter y coautores, la (ya relativa) reciente preocupación por el medio ambiente ha provocado desorientación en el sector industrial, situación que, junto con la existencia de información incompleta y las normales inercias organizativas, ha generado una actitud poco receptiva a la adopción de nuevas tecnologías ambientalmente menos agresivas (Wagner, 2003). Las restricciones ambientales pueden informar a las empresas sobre la dirección que deben tomar en materia de innovación, mediante la identificación de ineficiencias en el uso de los recursos y posibilidades de mejora tecnológica y la reducción de la incertidumbre de los retornos de las inversiones (*ibid.*). En definitiva, la tesis que defienden los autores que reconocen a la *hipótesis de Porter* como válida tiene como eje principal el progreso tecnológico al que una regulación ambiental estricta induciría a la industria; las mejoras en términos de productividad asociadas al citado progreso tecnológico, ampliamente reconocidas por la literatura (por ejemplo, las citadas por Worrell *et al.*, 2001 en relación con la mejora de la eficiencia energética), explicarían los beneficios que podrían capturar las empresas en caso de adoptar tecnologías menos intensivas en el uso de los recursos.

La exploración teórica de la *hipótesis de Porter*, que Wagner (2003) recoge de forma extensa y sobre la que también han trabajado otros autores como Ambec y Parla (2002) y Altman (2001), previene sobre la generalización de los argumentos que Porter y coautores exponen. La discusión no se plantea frente a la hipótesis de que las regulaciones ambientales puedan inducir a la innovación tecnológica, sino a la eficiencia económica de este mecanismo o, en otras palabras, si el aumento de las exigencias ambientales es el mecanismo óptimo de inducción a la innovación tecnológica. Wagner (*op. cit.*), en su revisión de la literatura sobre la *hipótesis de Porter*, recoge tres condiciones sin las cuales la eficiencia de una regulación ambiental más estricta no produciría los efectos postulados por Porter y otros autores:

- Las regulaciones ambientales deben ser económicamente eficientes, por ejemplo en forma de mercados de permisos de emisión.

- Debe existir una estructura de mercado favorable, por ejemplo la existencia de una demanda suficiente de bienes diferenciados por comportamiento ambiental.
- Debe existir una disponibilidad amplia de tecnologías de alta eficiencia.

La rentabilidad financiera y económica de las medidas de eficiencia energética propuestas recogidas en la *E4* parecen confirmar la existencia de tecnologías de producción energéticamente más eficientes y rentables. La aplicación de numerosas medidas de eficiencia energética a los distintos sectores productivos de la economía española impide realizar un análisis, siquiera somero, del mercado en el que operan los potenciales inversores, por lo que, con la información disponible, no es posible pronunciarse respecto a la existencia o no de nichos de mercado donde hacer valer un mejor comportamiento ambiental.

Los resultados de las encuestas realizadas en el marco del presente proyecto permiten afirmar el reconocimiento generalizado de beneficios distintos a los ahorros energéticos y mejoras en la productividad. Este reconocimiento tiende a ser mayor, dentro de un mismo sector, entre las empresas más grandes del sector industrial; las empresas más pequeñas no reconocen la existencia de estos otros beneficios, tal y como se muestra en la *Tabla 6.11*. A nivel sectorial, son las empresas industriales, de más de 50 empleados, las que reconocen de forma mayoritaria la existencia de este tipo de beneficios.

La extracción de resultados con mayor nivel de detalles (a nivel de subsector industrial, por ejemplo) resulta más compleja por la fragmentación de la muestra comentada en el *Capítulo 3*. Aún así, los resultados confirman el mayor conocimiento de las empresas grandes de las ventajas que en términos de competitividad puede alcanzar una empresa que invierta en eficiencia energética. Los sectores de generación de energía eléctrica y refino de petróleo conocen perfectamente estos beneficios adicionales.

Tabla 6.11: Reconocimiento de beneficios distintos al ahorro energético y de mejoras en la productividad, por sectores y tamaño de la empresa

		Sí	No	Ns/Nc
Industria	Menos de 50 empleados	23,1	53,8	23,1
	Más de 50 empleados	77,8	16,7	5,6
Transporte	Menos de 50 empleados	40,0	60,0	0
	Más de 50 empleados	42,9	52,4	4,8
Administración local	Más de 50 empleados	68,8	25,0	6,3
TOTAL		52,6	39,7	7,7

Fuente: Encuesta EOI, Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004

Entre estos beneficios adicionales, destacan las percepciones de que permiten crear imagen de marca (48,8% de las respuestas) y que la mejora del comportamiento ambiental de la empresa ofrece rendimientos sobre la reputación (36,6%); otros beneficios citados por las empresas hacen referencia a la ampliación del margen de beneficios (aspecto íntimamente ligado con las mejoras en la productividad y con el valor del accionista, como se comentará posteriormente) o las posibilidades de reducir la carga fiscal que soporta la empresa y de obtener certificaciones ambientales como la ISO 14001 y la EMAS.

Puede concluirse que existe un conocimiento por parte de las empresas más expuestas al comercio exterior (aquellas con mayor número de trabajadores, v. *Tabla 6.3*) de la posibilidad de, gracias a la inversión en eficiencia energética, mejorar su competitividad mediante la adquisición de atributos distintos al precio.

La literatura ha prestado atención a los beneficios *intangibles* que una empresa puede obtener mediante la mejora de su comportamiento ambiental. Sin embargo, y previo al estudio de éstos, es necesario mencionar que la inversión en eficiencia energética y los beneficios energéticos no energéticos que trae consigo, estudiados en el capítulo anterior, tienen un efecto sobre determinados activos intangibles, que se manifiestan o pueden manifestarse en términos de competitividad.

Para comenzar esta argumentación, es necesario mencionar que el objetivo de toda empresa es aumentar el valor del accionista (Pye y McKane, 2000), ya sea éste un único propietario de la empresa o un conjunto más o menos extenso de inversores. Kolowski (2000) matiza este objetivo calificándolo de mecanismo de control (el incremento del valor de la empresa es reflejo de una buena gestión de sus propietarios), más que objetivo esencial de todo ente empresarial. En todo caso, bien como objetivo empresarial o como mecanismo de control a los gestores empresariales, el incremento del valor del accionista puede configurarse como reflejo del éxito empresarial.

La mejora del comportamiento ambiental de las empresas puede tener repercusiones positivas o negativas sobre el valor de la empresa para el accionista, sobre los resultados empresariales. Las inversiones capital intensivas, como las tecnologías *fin de tubería* (filtros anticontaminación o plantas de tratamiento de efluentes, por ejemplo), reducirán el valor accionarial de la empresa, al reducir sus beneficios (Schaltegger y Finge, 1998); por una parte, requieren altas inversiones en términos de capital y suelen incurrir en elevados costes de operación, mientras que, normalmente, no generan beneficios adicionales, más allá de la necesidad de cumplir con las exigencias legales en términos de protección al medio ambiente o atender a los requerimientos, voluntariamente adquiridos, de los Sistemas de Gestión Ambiental (ISO 14001 y EMAS, por ejemplo). Los beneficios energéticos y no energéticos (mejoras en la productividad) asociados a la inversión en eficiencia energética, en nuestro caso, permiten reducir los costes (ahorros de energía, materias primas, etc.) y/o aumentar los beneficios, aspectos, precisamente, a partir de los cuales es posible alcanzar el objetivo de aumentar el valor del accionista (Pye y McKane, *op. cit.*) o de reducir los posibles efectos adversos de una reglamentación ambiental muy estricta (Xapapadeas y Zeew, 1999). “Las inversiones más atractivas en términos de valor del accionista serán aquellas no intensivas en capital y que incrementan la eficiencia y/o productividad de los procesos de producción” (Schaltegger y Finge, 1998, pág. 11).

Wagner y Schaltegger (2004) ofrecen una interpretación distinta de la relación entre valor ambiental de la empresa y estrategia ambiental de la empresa: aquellas empresas que basan

su estrategia comercial en el incremento del valor ambiental de la empresa, la relación entre comportamiento ambiental y diferentes aspectos del rendimiento económico es más positiva que en aquellas firmas que no poseen esa estrategia comercial.

Por otra parte, la literatura ha ilustrado la relación entre reputación (imagen de marca o capital comercial) y rendimiento financiero de la empresa. El sentido de esta relación ha sido objeto de debate en la literatura; en Rose y Thomsen (2004) se muestra una revisión bibliográfica de este debate, concluyendo mediante un ejercicio cuantitativo que un mejor rendimiento financiero influye positivamente en la reputación de la empresa y no al revés. El valor que puede tener la reputación de una empresa surge, por ejemplo, del hecho de que los consumidores, en muchas ocasiones, desconocen la calidad del producto antes de su compra, por lo que una buena reputación puede ejercer de señal sobre la calidad de los productos de la empresa (Shapiro, 1983; Kreps y Wilson, 1982 y Milgrom y Roberts, 1982, todos ellos citados en Rose y Thomsen, 2004). “La reputación empresarial es vital para la supervivencia a largo plazo de la empresa” (*ibid.*, pág. 209), proporcionando la posibilidad de diferenciarse de sus competidores, alejarse de la competencia perfecta y, por tanto, obtener beneficios extraordinarios.

Por otra parte, puede mencionarse otro “tipo” de capital comercial o de reputación, en este caso ligado exclusivamente al comportamiento ambiental y en absoluto excluyente respecto al discutido anteriormente, aunque pueden aparecer de forma aislada uno respecto al otro (puede crearse capital comercial mediante la diferenciación de productos, incluso con un deterioro en el margen de beneficios). La creciente preocupación social respecto al cuidado del medio ambiente ha traído consigo la aparición en ciertos mercados de una serie de consumidores, más o menos abundantes, con voluntad y capacidad de soportar precios superiores por productos ambientalmente más “amigables” (Schaltegger y Figge, 1998).

6.4. Conclusiones

A modo de conclusión, y atendiendo a lo expuesto por la literatura y recogido en líneas previas, la inversión en eficiencia energética en los términos recogidos por la *E4*,

inversiones altamente rentables desde el punto de vista financiero y económico, ofrecen una mejora competitiva tanto en términos de competencia a nivel micro (empresarial), meso (sectorial) y macro, mediante los mecanismos vía precios (reducción de los costes variables) y vía diferenciación del producto (creación de capital comercial vía mejora de la reputación).

Existen argumentos expuestos por la literatura del ramo que permiten afirmar, aunque en un plano meramente cualitativo, que las inversiones en eficiencia energética contempladas por la *E4* tendrán un efecto ligeramente positivo sobre la competitividad de nuestro país en el mercado internacional, ya sea europeo o global. Por una parte, de la rentabilidad financiera y económica del conjunto de medidas de eficiencia energética puede derivarse una mejora competitiva vía precios, aspecto especialmente relevante en un contexto caracterizado por un diferencial de inflación de España respecto al resto de países de la UE que perjudica la competitividad de los productos de nuestro país. Sin embargo, los sectores económicos con mayor participación en el mercado internacional (material de transporte y transformados metálicos) no son los sectores que mayor esfuerzo inversor realizarán en el marco de la *E4*, circunstancia que limita los efectos positivos de la Estrategia en términos de competitividad internacional.

Los sectores económicos en los que España ha basado de forma mayoritaria su participación en el mercado internacional (sectores con medias o bajas exigencias tecnológicas), de los que la *E4* espera una proporción importante del total de esfuerzo inversor, pueden mejorar su situación competitiva mediante la profundización en el poder de mercado que actualmente poseen. Las posibilidades de mejora de la reputación empresarial, ya sea entendida en su sentido más amplio o reduciéndola al aspecto ambiental, que las inversiones en eficiencia energética les brinda deben ser aprovechadas por las empresas de dichos sectores, con el fin de mantener su poder de mercado incluso con la posibilidad de reducir el precio al que ofrecen sus productos en el mercado internacional.

7. EFECTOS MACROECONÓMICOS DE LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA: EFECTO REBOTE Y DEPENDENCIA ENERGÉTICA

Los aspectos estudiados y expuestos hasta ahora en el presente estudio tienen un carácter microeconómico; se ha estudiado cómo la inversión en eficiencia energética tiene su efecto sobre la productividad y competitividad de la empresa y la creación de empleo asociada a la fabricación y operación de las medidas de eficiencia energética.

Sin embargo, una mejora en la eficiencia energética puede generar o tener efectos sobre variables macroeconómicas (como la dependencia energética) o mostrar distintos comportamientos en cuanto a reducción del consumo energético dependiendo de si el análisis se realiza en un marco micro o macroeconómico.

En el presente capítulo se procede, en primer lugar, al estudio del denominado postulado de Khazoom-Brookes y sus efectos sobre los ahorros energéticos reales; la literatura económica muestra que los ahorros estimados por ingenieros y técnicos sobreestiman la magnitud de los mismos, debido al comportamiento que consumidores y empresas o productores realizan ante un abaratamiento de los servicios energéticos. Por último, se evalúa el potencial que la *E4* presenta para reducir la dependencia energética de España, elevada y muy superior a la que muestran países del entorno europeo y que es fuente de riesgos e incertidumbres económicas ante un aumento del precio de los recursos energéticos importados, tal y como ocurrió en las dos crisis energéticas de los años setenta.

7.1. El postulado de Khazoom-Brooks y el efecto rebote (rebound effect)

Puede resultar paradójico que las medidas de eficiencia energética puedan tener como resultado un mayor consumo de energía. Desde el punto de vista técnico, es indiscutible que ciertas tecnologías proporcionan la posibilidad de hacer o producir lo mismo con menos energía; sin embargo, la introducción en el análisis de la racionalidad económica de los agentes muestra que los ahorros “tecnológicos” pueden, en primer lugar, sobreestimar el ahorro energético real y, en segunda instancia, incluso no existir.

Saunders (1992) formuló el denominado postulado de Khazoom-Brookes. Este postulado formaliza la idea de que, mientras que una mejora de la eficiencia energética tiene, en general, los efectos esperados a nivel microeconómico (la reducción del consumo de energía), a nivel macroeconómico, cuando el objeto de estudio es la economía a nivel agregado, el consumo de energía será mayor que antes de invertir en eficiencia energética (Herring, 1998 y 1999).

El “descubrimiento” de este fenómeno despertó el interés de la comunidad científica acerca de su formulación teórica y la aproximación operativa a su cálculo. La mejora de la eficiencia energética se considera como una importante herramienta para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero; el hecho de que un mejor uso de la energía pudiese implicar un mayor consumo de la misma generó la inquietud de estudiar esta posibilidad y cuantificarla.

7.1.1. El efecto rebote a nivel microeconómico

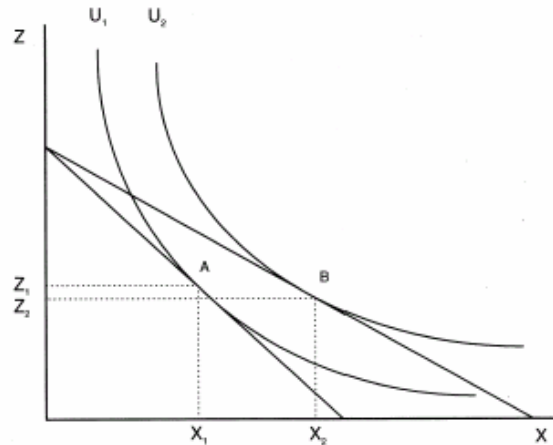
A nivel microeconómico, el *efecto rebote* puede manifestarse de tres formas distintas; únicamente en una de ellas, la mejora de la eficiencia energética hará aumentar el consumo de energía (*backfire*) (Saunders, 2000). En la mayoría de las ocasiones, este *efecto rebote* se manifiesta mediante una reducción de los consumos energéticos estimados por los ingenieros o técnicos. Es decir, “un *efecto rebote* de (por ejemplo) un 10% significa que un 10% de las mejoras en eficiencia energética promovidas por las mejoras tecnológicas es contrarrestado por un incremento en el consumo de energía” (Berkhoudt *et al.*, 2000, pág. 426).

Los mecanismos que determinan este efecto se explican, en términos de teoría económica, de forma distinta si el inversor en eficiencia energética es un productor (empresa, por ejemplo) o un consumidor.

En primer lugar, la teoría económica establece que los consumidores buscan maximizar su utilidad, objetivo sujeto a ciertas restricciones como podría ser la renta. En la *Figura 7.1*, la curva U_1 representa la curva de utilidad que las distintas combinaciones en el consumo de dos bienes (X e Y) aporta a un determinado individuo. Antes de emprender

la mejora de la eficiencia energética, la tangente de la curva U_1 con la curva de restricción presupuestaria indica el punto de equilibrio (punto A).

Figura 7.1: El efecto rebote del consumidor



Fuente: Berkhoudt et al. (2000)

Siendo X el bien para cuyo disfrute es preciso el consumo de energía, una mejora de la eficiencia energética significará poder consumir más de este bien con la misma restricción presupuestaria, además de sacrificar menos consumo de otros bienes. En términos gráficos, la curva de restricción presupuestaria se desplaza por el eje de abscisas (en nuestro caso), manteniendo fijo el punto de cruce con el de ordenadas. El nuevo equilibrio óptimo aparecen en la *Figura 7.1* como punto B , obteniéndose por ello un nivel más alto de utilidad (curva U_2). En definitiva, una reducción del precio de X hace que el aumento de su consumo le permita sacrificar menos consumo de otros bienes (Z) y, a la vez, aumentar su bienestar, es decir, situarse en una curva de indiferencia más alta.

El *efecto rebote* desde el punto de vista del consumidor no aparece explícitamente representado en el *Figura 7.1*. Para su estimación es necesario poner en relación la diferencia en el consumo energético producto del aumento del consumo de X al aplicar la medida de eficiencia energética con la diferencia en el consumo energético consumiendo X_1 sin y con medida de eficiencia energética (Berkhoudt et al., 2000).

$$\text{Efecto}_{\text{rebote}} = \frac{EV^*(X_2) - EV^*(X_1)}{EV(X_1) - EV^*(X_1)}, \text{ donde:}$$

$EV^*(X_2)$ = consumo de energía en X_2 con medida de eficiencia energética

$EV^*(X_1)$ = consumo de energía en X_1 con medida de eficiencia energética

$EV(X_1)$ = consumo de energía en X_1 inicial, sin medida de eficiencia energética

Al aplicar la medida de eficiencia energética, el consumidor alcanza un mayor nivel de utilidad (U_2) aumentando el consumo de los servicios energéticos que proporciona el bien X desde X_1 a X_2 ; al poner en relación este aumento con el ahorro energético derivado de la implantación de la medida teniendo en cuenta el consumo inicial de X (X_1), se podrá estimar el signo y magnitud del *efecto rebote*.

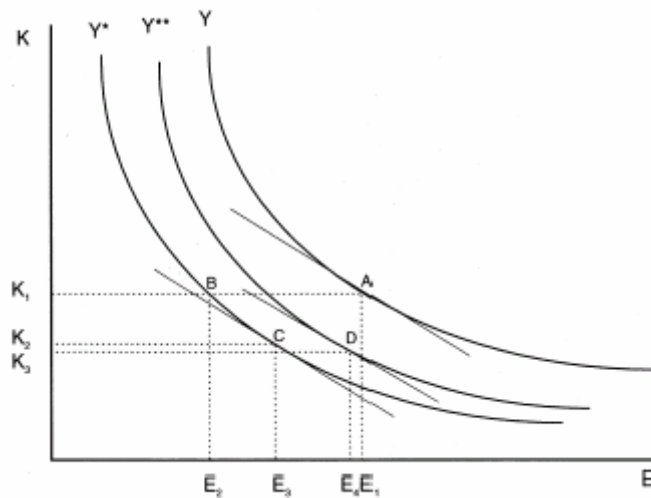
La magnitud del *efecto rebote*, estudiado desde el punto de vista del consumidor, variará atendiendo a las características de los bienes o servicios comparados. Si ambos bienes o servicios, X y Z , ofrecen servicios energéticos es necesario tener en cuenta el efecto sustitución a la hora de estimar el *efecto rebote*. Si uno de los bienes es más intensivo en energía que otro, se producirá una reducción del *efecto rebote*, pues se desplaza el consumo hacia aquel bien que proporcione cierto servicio energético de forma más eficiente. Por el contrario, si los bienes son complementarios el *efecto rebote* se magnifica, pues el aumento en el consumo de uno no se puede hacer sin aumentar el consumo del otro (ver la televisión en invierno, con la calefacción encendida, por ejemplo).

Únicamente cuando la elasticidad precio de la demanda sea superior a la unidad (es decir, que un incremento del precio haga disminuir la cantidad demandada más que proporcionalmente), se producirá un incremento del consumo de energía, el denominado *backfire*; en el resto de los casos se producirá un descenso en los ahorros energéticos proporcionados por los ingenieros, tanto mayores cuanto más cercanas esté la elasticidad precio de la demanda a la unidad. Por otra parte, y como puede deducirse

de lo hasta ahora expuesto desde el lado del consumidor, siempre existirá cierto *efecto rebote*; su signo y magnitud dependerá, de nuevo, de la elasticidad precio de la demanda.

Desde el punto de vista del productor, la representación gráfica del razonamiento detrás de la aparición del *efecto rebote* facilita la comprensión del mismo. La *Figura 7.2* muestra el *efecto rebote* desde el punto de vista del productor. Siendo Y la curva de producción en la situación inicial, sin inversiones en eficiencia energética, el productor decide emplear los factores de producción capital (K) y energía (E) en las cantidades K_1 y E_1 (punto A). La curva Y^* representa la curva de producción una vez realizadas las mejoras en eficiencia energética; en este caso, el productor puede mantener sus niveles de producción empleando el mismo capital (K_1) y menor cantidad de energía (E_2) (punto B). Es decir, el progreso tecnológico ha hecho al capital más eficiente en términos energéticos; en esta situación, el ahorro energético sería $E_1 - E_2$.

Sin embargo, este punto B no es eficiente en términos económicos. Empleando el capital K_1 y consumiendo E_3 de energía también puede mantenerse el nivel de producción, pero minimizando costes. En definitiva, una mejora de la eficiencia energética implica un abaratamiento de la energía; el productor sustituye capital por energía (al ser ésta más barata). En esta nueva situación es cuando el denominado *efecto rebote* se hace patente: el ahorro de energía por la mejora en eficiencia energética es $E_1 - E_3$ (menor que $E_1 - E_2$), mientras que el *efecto rebote* es $E_3 - E_2$.

Figura 7.2: El efecto rebote del productor

Fuente: Berkhoudt et al. (2000)

Falta por incluir en el análisis la reducción en los costes de producción que se derivan de la inversión en eficiencia energética. Este segundo efecto dependerá de la estructura del mercado en el que opere el productor.

En mercados perfectamente competitivos, el productor se verá obligado a trasladar esta reducción de costes a los precios, reduciéndolos en este caso. Si la elasticidad-precio de la demanda es inelástica (es decir, la cantidad demandada por el mercado es relativamente independiente del precio), la cantidad demandada no variará (o variará poco) y el productor no tendrá incentivos a incrementar su producción; en cambio, si la elasticidad-precio de la demanda es elástica, o fuertemente dependiente del precio, el productor percibirá incentivos a producir más, ya que el mercado, por el lado de la demanda, podrá absorber esta mayor cantidad. En este último caso, representado en la *Figura 7.2* por la curva Y^{**} , el punto de equilibrio sería el punto D , precisando para ello K_3 de capital y E_4 de energía. Como puede apreciarse, el ahorro energético se ha reducido drásticamente a $E_1 - E_4$; puede darse el caso, incluso, que E_4 fuese mayor que E_1 , produciéndose el denominado efecto *backfire*. En definitiva, una medida de eficiencia energética aplicada en la producción de un bien o servicio con una

elasticidad-precio de la demanda alta y cuyo mercado puede calificarse de perfectamente competitivo puede derivar en un mayor consumo energético (Saunders, 1992; Berkhoudt *et al.*, 2000).

En el caso de un mercado monopolístico, el productor puede mantener el precio del mercado y capturar todos los beneficios asociados a una menor factura energética. En este caso, el segundo *efecto rebote* no aparece y el ahorro energético sería $E_1 - E_3$.

7.1.2. *El efecto rebote a nivel macroeconómico*

En el epígrafe anterior se ha argumentado que, a nivel microeconómico, el ahorro efectivo asociado a la implantación de medidas de eficiencia energética será normalmente menor al pronosticado por los ingenieros y técnicos. Únicamente en casos muy concretos, una medida de eficiencia energética implicará un aumento en el consumo de energía.

Sin embargo, la definición del citado postulado de Khazoom-Brookes afirma la existencia de ahorros energéticos a nivel microeconómico, pero mayor consumo de energía a nivel macroeconómico. La inversión en eficiencia energética induce a una serie de importantes y complejos ajustes de la economía, tanto desde el punto de vista del consumidor (aumento de la renta disponible, aumento de la demanda de servicios energéticos, etc.) como del productor (expansión de las posibilidades de producción de las empresas, cambios en la intensidad de uso de los factores de producción, etc.).

Este conjunto de cambios que la mejora de la eficiencia energética tiene sobre el conjunto de la economía únicamente pueden ser estudiados recurriendo a un enfoque de equilibrio general. Al contrario que en el caso del estudio del *efecto rebote* a nivel microeconómico, las exigencias que un estudio de equilibrio general requiere hace que la literatura haya efectuado escasas incursiones a este nivel. Únicamente el trabajo de Greening *et al.* (2000), que recopila los resultados de algunos estudios pertinentes a nuestro caso (Kydes, 1997; Saunders, 1996, en Greening *et al.*, 2000), permite dimensionar cualitativamente estos efectos a nivel macroeconómico y las variables que determinarán la magnitud y el signo del *efecto rebote*: la magnitud de la elasticidad de

sustitución entre la energía y otros factores de producción (capital y trabajo, concretamente) gobernará el resultado final; una elasticidad menor a la unidad llevará a un menor uso de energía al aplicar medidas de eficiencia energética.

Finalmente, cabe mencionar a modo de conclusión que la literatura al respecto del *efecto rebote* producido por la introducción de medidas de eficiencia energética como las consideradas en la Estrategia Española de Eficiencia Energética, básicamente de carácter tecnológico, expresa su escepticismo acerca de los ahorros energéticos realmente generados por ese tipo de políticas (Birol y Keppler, 2000). Únicamente controlando el descenso de los precios de la energía (mediante impuestos, por ejemplo) sería posible contener el *efecto rebote* y permitir que las medidas de eficiencia energética ahorrasen de forma efectiva energía. Los autores anteriormente citados, que articulan su discurso cualitativo en términos de economía agregada, dejan entrever la posibilidad más que real de que la estimación del *efecto rebote* bajo un marco macroeconómico llevaría a la aparición del denominado *backfire*, a menos, como se ha comentado anteriormente, que se complementen las medidas tecnológicas con medidas de contención de la caída de los precios de la energía. De hecho, algunos autores recuerdan que la preocupación por la mejora de la eficiencia energética surge tras las crisis energéticas de mediados de los 70 y principios de los 80, que hicieron aumentar de forma dramática los precios de la energía (Taylor, 1999).

La idea sería “sacar” de la circulación económica las ganancias producidas por las mejoras en eficiencia energética (Wackernagel y Rees, 1997; Norgard, 2001; Sanne, 2001) y, de esta forma, evitar o minimizar el *efecto rebote*.

7.2. Efectos de la mejora de la eficiencia energética sobre la dependencia exterior

La propia *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012* menciona el potencial que la mejora de la eficiencia energética tiene en términos de reducción de la dependencia energética. Las distintas medidas propuestas en la **E4** tendrán como uno de sus beneficios el descenso del grado de dependencia energética de nuestro país, tanto por el menor consumo energético total como por el progreso de

las energías renovables. En concreto, el grado de autoabastecimiento aumentará en dos puntos porcentuales en el año 2012 en el escenario de eficiencia con respecto al escenario base (26,8% frente a 24,7%) (Ministerio de Economía, 2003a).

Los beneficios de esta menor dependencia energética trascienden a aquellos derivados estrictamente del menor consumo de energía; en las siguientes líneas, se hará un recorrido de estos beneficios derivados del mayor autoabastecimiento energético (o, alternativamente, de los costes de un elevado grado de dependencia energética exterior) y de la contribución de la *E4* a los mismos.

7.2.1. La dependencia energética: evolución reciente y contexto

La evolución de la dependencia energética de nuestro país estuvo marcada durante los años 80 por una reducción de la misma, gracias a la puesta en marcha de numerosas centrales nucleares (más del 90% de la potencia nuclear actual fue instalada durante la década de los ochenta), al desplazamiento del consumo energético industrial desde la energía térmica hacia la energía eléctrica y al aumento del consumo de carbón nacional (IDAE, 2004). En el año 1980 la dependencia era del 77%, en el año 1985 descendió hasta el 64% y finalizó la década con un ascenso hasta el 66%. Sin embargo, a lo largo de la década de los 90 esta tendencia descendente se invirtió, llegando hacia el final de la misma a los mismos niveles que a principios de la década de los 80.

Según recoge la *E4*, España posee actualmente una elevada dependencia energética exterior. España importa alrededor del 75% de la energía primaria que utiliza, mientras que la media de la Unión Europea ronda el 50%, cifra considerada ya elevada por las instituciones comunitarias (CE, 2001). Esta elevada dependencia energética se debe fundamentalmente al consumo de petróleo en términos de energía primaria y de combustibles derivados del mismo en términos de energía final (gasolinas, gasóleos, etc.). Este tipo de combustibles, importados en un 99,5% de la cantidad consumida, son empleados especialmente por el transporte [el transporte por carretera, mayoritario en nuestro país, depende en un 99% del petróleo (CE, *op. cit.*)]; por otra parte, el transporte es el sector económico con la mayor participación en el *mix* de consumo de energía final (un 39,4%) (IDAE, 2004), consume el 67% del crudo y no dispone

actualmente de tecnología para aprovechar otros combustibles o energías sustitutivas del petróleo válidas en términos comerciales. Además, y como continuidad de la evolución del sector en los últimos años, se prevé un aumento tanto de la actividad de transporte como de su intensidad energética, derivando todo ello en un mayor consumo de energía y, en concreto, en un mayor consumo de petróleo. Existen otros combustibles como el carbón y el gas natural que también contribuyen a esta dependencia energética, pero en un grado mucho menor, al menos por el momento.

Tabla 7.1: Consumo de recursos energéticos domésticos e importados y grado de dependencia energética de España en el año 2003

Combustible	Grado autoabastecimiento (%)	Consumo (ktep)	Consumo recursos domésticos (ktep)	Consumo recursos importados (ktep)
Carbón	35,2	20.618	7.257,54	13.360,46
Petróleo	0,50	68.287	341,44	67.945,57
Gas natural	0,90	21.458	193,12	21.264,88
				102.570,91
Consumo energía primaria (ktep)		136.150		
Grado de dependencia energética		75,34%		

Fuente: Elaboración propia a partir del Boletín de Hidrocarburos de julio de 2004 e IDAE (2004)

Por otra parte, la preocupación de la Unión Europea por garantizar o minimizar, en su caso, los efectos que sobre la economía tiene su elevada dependencia energética (alrededor de un 50%) se materializa en el diseño de una política energética basada en la mejora de la eficiencia energética, en la promoción de las energías renovables y en la diversificación de fuentes y riesgos, como fundamentos básicos: el *Libro Verde Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético* (CE, 2001) plantea estas directrices de política energética a escala europea. La Comisión Europea es consciente de los problemas asociados a una elevada dependencia energética, del progresivo aumento de la demanda de energía en la UE y de los escasos recursos energéticos de los que disponen los países miembros. De esta forma, el trabajo de la Comisión en este sentido no tiene como finalidad, como puede apreciarse, tanto la

reducción *sensu stricto* de la dependencia energética como la diversificación de riesgos, detectando nuevos productores de estos recursos energéticos. España, como miembro de la Unión Europea, hace suya esta política energética.

7.2.2. La dependencia energética como problema

La dependencia energética no debería ser perjudicial para las economías *per se*; las características del mercado del recurso o recursos que originan esta dependencia determinan una mayor o menor, mejor o peor, influencia sobre la economía del comprador. Cualquier incremento de precio de los productos energéticos y en especial de los hidrocarburos genera una transferencia de renta y de recursos económicos de los países consumidores hacia los productores, resintiéndose de esta forma las economías de los primeros. Y es precisamente el mercado del petróleo, combustible que explica una proporción importante de la dependencia energética de Europa y España, el que más argumentos de riesgo reúne (CE, 2001):

[1] En primer lugar, un país se verá afectado por cambios en los precios de un recurso tanto más cuanto mayor sea su dependencia exterior respecto al mismo (CE, 2001); la dependencia de España respecto al petróleo es prácticamente del 100%, pues la producción propia de crudo apenas llega al 0,5% del volumen total de importaciones (Ministerio de Economía, 2003b).

[2] Los países que abastecen de petróleo no solo a España sino a gran parte del mundo presentan una serie de problemas geopolíticos que añaden incertidumbre al mercado, incertidumbre que se materializa en un aumento de los precios del crudo.

[3] El mercado de crudo posee un elevado grado de internacionalización. El 57% del petróleo consumido es objeto de intercambios internacionales, mientras que este porcentaje se reduce al 20% en el caso del gas natural y al 15% si al carbón nos referimos.

[4] La estructura del mercado de estos tres recursos (petróleo, gas natural y carbón) también es sustancialmente diferente. El mercado internacional de hulla puede

considerarse competitivo y el del petróleo está dominado por un *cártel*, mientras que el de gas natural presenta una situación muy especial: “oligopolio regional cartelizado a través del petróleo” (CE, 2001, pág. 23).

En definitiva, a pesar de que la dependencia energética no se debe exclusivamente al elevado consumo de petróleo que nuestro país evidencia, son las características del mercado de este producto energético (mercado oligopólico, concentración de las reservas en países con problemas geopolíticos, etc.) las que inducen a centrar el estudio de los problemas asociados a la dependencia energética en el citado combustible. El resto de combustibles importados (gas natural y carbón) participan de forma mucho menor en el *mix* de energía final, sus mercados son competitivos (carbón) o la diversidad de países productores reducen la incertidumbre en el abastecimiento. La literatura no evalúa esta incidencia atendiendo a criterios de equilibrio en las balanzas de pago de los países importadores, por ejemplo, sino en términos de riesgos para la economía ante incrementos más o menos bruscos del precio internacional del petróleo.

Por otra parte fueron las crisis energéticas de la década de los setenta, producidas por un importante aumento de los precios del crudo, las que empujaron a los países importadores a reducir la intensidad energética de su economía o a desplazar el consumo de energía final hacia otras fuentes, como la energía eléctrica. Es decir, los cambios en el precio internacional del petróleo tienen un evidente y agudo reflejo en la economía de los países importadores.

Los precios del barril de crudo dependen de un elevado número de variables (demanda mundial, estructura del mercado internacional, especulación, etc.), entre las que destaca el hecho de que nos encontramos en un mercado con fuertes características de oligopolio. La Organización de Países Productores de Petróleo (OPEP) opera como un *cártel*, restringiendo la oferta de crudo y elevando el precio del mismo por encima del precio que tendría el petróleo en un mercado competitivo (7 *US\$/barril*, según Huntington, 2003). Más allá de discusiones sobre la verdadera naturaleza de la OPEP (algunos autores prefieren no hablar de *cártel* y sí de mecanismo de los países exportadores para evitar la competencia entre ellos mismos, tal y como indica CE,

2001), el hecho es que el precio del petróleo es sustancialmente superior al que tendría en un mercado competitivo. Por último, la capacidad de un país importador de influir en esta restricción de la oferta de crudo por parte de los países de la OPEP es ciertamente escasa y, por tanto, es necesario plantearse otra vía para evitar los efectos de la dependencia energética.

Esta vía alternativa podría ser la reducción del consumo de petróleo, obviamente. Por supuesto, cuanto mayor sea la demanda de petróleo, mayor será su precio internacional; este diferencial del precio asociado a una mayor demanda se aplica a todas las importaciones, por lo que una reducción del consumo (de las importaciones) supondría un ahorro financiero superior al pago por el descenso de la cantidad importada. En otras palabras, un descenso de la demanda de crudo hace disminuir el precio del mismo y esto tiene sus efectos sobre la cantidad total importada y no únicamente sobre la menor cantidad comprada.

De esta forma, las distintas medidas de eficiencia energética, en la medida en la que se configuren como instrumentos de ahorro en el consumo de petróleo y derivados del mismo (como se ha comentado con anterioridad, especialmente aquellas medidas de aplicación en el sector transporte), contribuirán, además de a reducir las importaciones de crudo a precios de mercado, a reducir el coste financiero adicional derivado de la estructura oligopólica del mercado internacional de petróleo. Este coste financiero adicional de las importaciones de crudo, definido normalmente como el componente monopsónico de las primas (*premium*) de la importación de crudo, fue muy estudiado después de las crisis energéticas de mediados y finales de la década de los setenta (National Research Council, 2001). Este componente debe entenderse como el coste marginal de incrementar el consumo de petróleo (o, alternativamente, el beneficio marginal de reducir el consumo del mismo), no como el beneficio derivado de “solucionar” el problema de los precios no competitivos impuestos por la OPEP ni tampoco el beneficio de incrementar la estabilidad de los precios internacionales (*ibid.*).

Además de este *sobreprecio* derivado de la estructura del mercado internacional de petróleo, la volatilidad de los precios del crudo también genera problemas. El coste adicional por vulnerabilidad, normalmente llamado componente de seguridad de la prima (*premium*) a las importaciones de petróleo, también ha sido muy estudiado a raíz de las crisis energéticas anteriormente mencionadas.

Recientes estudios recogidos en *ibid.* exponen que el componente monopsónico de la prima a las importaciones de petróleo en Estados Unidos es reducido, a tenor del contenido impacto del consumo de crudo en este país sobre los precios internacionales del petróleo. De estas observaciones también se desprende la idea de que el componente de seguridad también se ha reducido debido a la mayor fortaleza de este país ante la volatilidad de los precios gracias a medidas como la mejora en la eficiencia energética, su menor gasto en petróleo en relación con su Producto Interior Bruto, etcétera.

En conclusión, el coste externo marginal del consumo de petróleo al que se enfrenta Estados Unidos es considerablemente menor que el estimado en décadas previas y presumiblemente permanecerá así, al menos que se produzca un ascenso en los precios internacionales del crudo (National Research Council, 2001). De esta forma, en el estudio citado se aplica un coste externo marginal al consumo de crudo de 5 *US\$/barril*, combinando el componente monopsónico y el de seguridad.

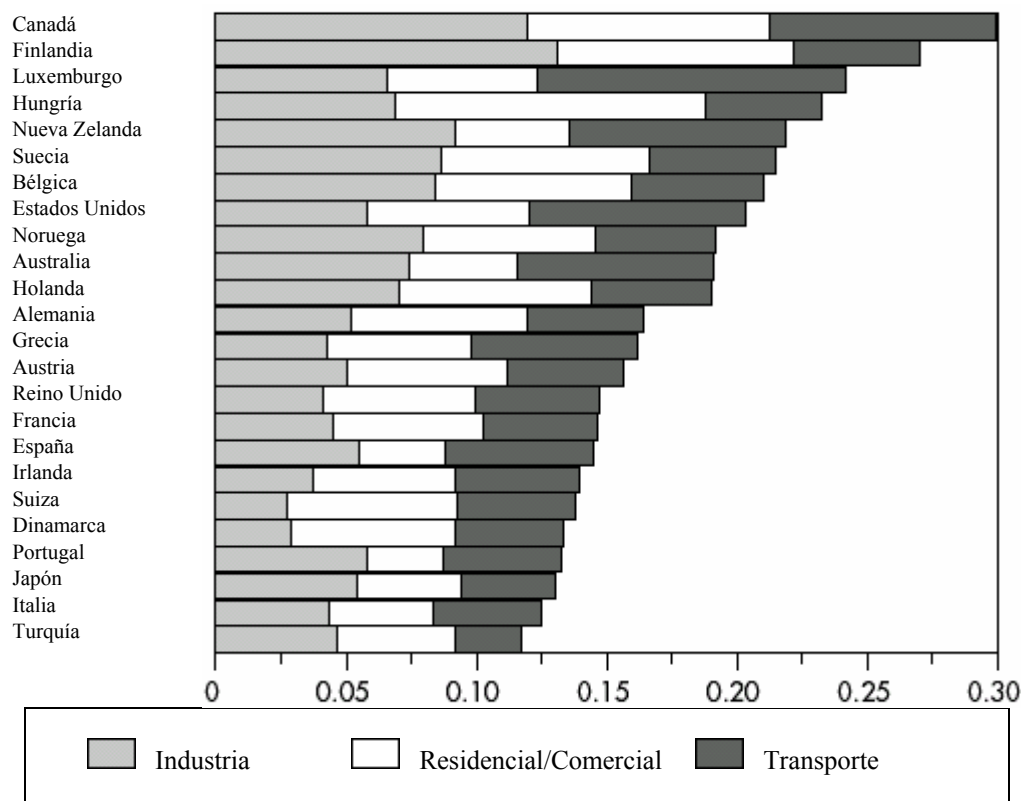
Sin embargo, el empleo de esta cifra de 5 *US\$/barril* como coste externo derivado de las importaciones de crudo a la realidad de nuestro país podría configurarse como una sobreestimación o subestimación del mismo. En primer lugar, las importaciones de crudo de España son sensiblemente menores que las de Estados Unidos (en el entorno de los 1,25 millones barriles diarios frente a los alrededor de 11 millones de Estados Unidos, según la Agencia Internacional de la Energía en el año 2002⁶), lo que reduce la influencia de nuestro país en el precio internacional del crudo y, en consecuencia, el componente monopsónico del coste externo.

⁶ IEA Monthly Oil Market Report dated 10 November 2004

El componente de seguridad para el caso de España, sin embargo, posee mayores ambigüedades. Con unas importaciones de crudo *per capita* similares (28,15 *bbl/día* por cada 1.000 habitantes para España y 34,65 para Estados Unidos⁷) y la renta *per capita* de Estados Unidos muy superior (35.935,02 *US\$* frente a 20.660,18 *US\$*), el gasto en petróleo en relación con el Producto Interior Bruto será mayor en España que en Estados Unidos; de esta forma, el *sobrepeso* del precio del crudo por seguridad sería superior en el caso de España, a lo que hay que añadir la práctica inexistencia de petróleo en nuestras fronteras [la producción propia de crudo es ligeramente menor al 0,5% con respecto al volumen total de importaciones (Ministerio de Economía, 2003b)]. Sin embargo, y tal y como muestra el *Gráfico 7.1* la eficiencia energética en España puede calificarse de más satisfactoria, definiendo la eficiencia energética como la menor intensidad energética, es decir, como el menor cociente entre consumo de energía (en *tep*) y el Producto Interior Bruto; en este caso, el componente de seguridad del precio del crudo sería menor en el caso de España.

⁷ Las importaciones de crudo de España rondan los 1,15 millones de barriles diarios, mientras que su población en 2002 ascendía a 40.847.371 habitantes. Por su parte, Estados Unidos importó unos 10 millones de barriles diarios y su población, también en 2002, era de 288.600.000 habitantes.

Gráfico 7.1: Intensidad energética de los países pertenecientes a la Agencia Internacional de la Energía en 1998 (tep/miles de US\$ a precios de 1990 y paridad en el poder de compra)



Fuente: IEA (2000)

Cuadro 7.1: Estimación cualitativa de los componentes monopsónico y de seguridad del coste externo marginal de las importaciones de crudo. España vs. Estados Unidos

Componente monopsónico	Menor en España, debido a las menores importaciones de crudo de España con respecto a Estados Unidos
Componente de seguridad	Mayor en España, debido al mayor gasto de España en petróleo en relación con el Producto Interior Bruto Menor en España, debido a una mejor eficiencia energética de España

Fuente: Elaboración propia

National Research Council (2001) no proporciona información sobre la participación relativa de cada uno de los componentes (monopsónico y de seguridad) en la cifra de 5 US\$/barril; este dato es aplicable directamente a Estados Unidos y su empleo, como se

pretende exponer en el *Cuadro 7.1*, proporcionaría resultados no estrictamente ajustados a la realidad española.

National Research Council (*op. cit.*) proporciona un marco interesante a través del cual resultaría posible realizar estimaciones del coste externo de la importación de crudo, coste externo, por otra parte, producido mayoritariamente por la estructura oligopólica del mercado internacional de petróleo. Sin embargo, la estimación de estos costes precisa de un análisis macroeconómico en un marco de equilibrio general, que permitiese estimar el comportamiento del precio del petróleo ante variaciones de la demanda por parte de los países importadores (reducción de la misma en el caso de conseguirse una reducción de la dependencia energética) o de la oferta por parte de los países productores. De esta forma, sería factible estimar el componente monopsónico de los costes externos asociados estrictamente a la importación de crudo o, en otras palabras, el coste asociado a la importación de un barril de petróleo como consecuencia de la estructura oligopólica del mercado internacional de crudo. Una reducción generalizada de la demanda de petróleo podría hacer reducir drásticamente el precio del mismo, aunque también es probable que el cártel de la OPEP reaccionase reduciendo la oferta. En resumen, el carácter macroeconómico de los efectos y costes de la dependencia energética precisa de un tratamiento también macroeconómico y dinámico, tratamiento especialmente intensivo en información y recursos.

Huntington (2003) cita algunas variables que intervendrían en la llamada “prima a las importaciones de petróleo”: la existencia y magnitud de la ganancia en la reducción de las importaciones de petróleo depende de si existen represalias entre las distintas partes del mercado (Bowen *et al.*, 1998, pág. 164-170, en *ibid.*), la extensión de la cooperación con otros importadores (Bergstrom, 1982, en Huntington, *op. cit.*) y si los importadores asignan temporalmente de forma previa el uso de un recurso no renovable como el petróleo (Lapan, 1988; Maskin y Newbery, 1990, en Huntington, *op. cit.*). Todas estas influencias pueden incorporarse en un modelo de equilibrio general, que permitiría simular el mercado internacional del petróleo.

En el ejercicio de De Miguel *et al.* (2003), precisamente aplicando un marco de equilibrio general al escenario español, se estudian los efectos sobre la economía a nivel agregado y sobre el bienestar producidos por aumentos bruscos del precio internacional del petróleo. El modelo empleado por estos autores, basado en el estándar de una pequeña economía abierta como la de España y en la que el petróleo se introduce como un factor productivo importado, se muestra capaz de predecir la ruta cíclica de la economía española: los incrementos del precio relativo del petróleo explican más de la mitad de las fluctuaciones agregadas de la economía y tienen un efecto negativo y significativo sobre el bienestar. De esta forma se demuestra la capacidad de estos modelos de equilibrio general de explicar los efectos de cambios bruscos en los precios internacionales del crudo y, por extensión, de la reducción de la dependencia energética, aunque es preciso incluir en el análisis de forma más explícita la modelización del mercado internacional del petróleo.

Por otra parte, y ante este marco de necesidad de un tratamiento con carácter macroeconómico, cabe preguntarse, en términos más generales a los expuestos anteriormente, la legitimidad de incluir como beneficio la reducción de la dependencia energética, fruto de la reducción del consumo de energía, si, como demuestra el postulado de Khazzoom-Brookes (Saunders, 1992; Berkhout *et al.*, 2000), las medidas de eficiencia energética producen un menor consumo de energía a nivel microeconómico, pero un aumento en el consumo de energía a nivel macroeconómico.

7.2.3. El potencial de la E4 para reducir la dependencia energética de España

La *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012*, con su objetivo de reducir el consumo energético por unidad de producción de la economía, posee un evidente potencial de reducir el índice de dependencia energética que posee nuestro país.

Los documentos de la *E4* nos proporcionan información suficiente (consumo de carbón, petróleo y gas en los escenarios base y de eficiencia, grado de autoabastecimiento de cada combustible, etc.) para emprender un análisis de este potencial y explicar los mecanismos detrás de la reducción de la dependencia

energética. La *Tabla 7.2* recoge el punto de partida del análisis, el año 2000, a partir del cual los escenarios base y eficiencia empiezan a exponer diferencias entre sí y entre este punto de inicio del horizonte temporal.

Tabla 7.2: Consumo de recursos energéticos domésticos e importados y grado de dependencia energética en el año 2000

Combustible	Grado autoabastecimiento (%)	Consumo (ktep)	Consumo recursos domésticos (ktep)	Consumo recursos importados (ktep)
Carbón	38,60	21.635	8.351	13.284
Petróleo	0,30	64.663	194	64.469
Gas natural	1,00	15.223	152	15.071
				92.824
Consumo energía primaria (ktep)		125.175		
Grado de dependencia energética		74,16%		

Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Economía (2003a)

En las *Tablas 7.3* y *7.4* siguientes, correspondientes al punto medio del horizonte temporal planteado por la *E4* (el año 2006), empiezan a observarse los mecanismos que la Estrategia articula para reducir la dependencia energética, además de la lógica reducción del consumo energético de los combustibles con incidencia en este índice (carbón, petróleo y gas). La escasez casi absoluta de reservas de petróleo y gas en nuestro país elimina la posibilidad de reducir la dependencia energética mediante el aprovechamiento de los recursos domésticos de estos combustibles; sin embargo, no ocurre lo mismo con el carbón, del cual España posee reservas importantes en cuanto a cantidad, aunque quizá no tanto en términos de calidad. La Estrategia, de esta forma, apuesta por aumentar en el año 2006, no solo el grado de autoabastecimiento con respecto al carbón (de 37,15 a 39,50), sino también, ligeramente, el consumo absoluto de carbón doméstico (6.687 ktep a 6.973 ktep).

En el horizonte de 2006, el índice de dependencia energética se reduce en el escenario de eficiencia en un 0,54% con respecto al escenario base, aunque en ambos casos es superior con respecto a los datos del año 2000. Prácticamente la mitad de este 0,5% de reducción (0,26%, en concreto) puede atribuirse, precisamente, al mayor consumo, tanto absoluto como relativo, de carbón nacional. El restante 0,26% se debe a la reducción en el consumo de petróleo y gas que el escenario de eficiencia muestra sobre el escenario base.

Tabla 7.3: Consumo de recursos energéticos domésticos e importados y grado de dependencia energética en el año 2006. Escenario base

Combustible	Grado autoabastecimiento (%)	Consumo (ktep)	Consumo recursos domésticos (ktep)	Consumo recursos importados (ktep)
Carbón	37,15	17.999	6.687	11.312
Petróleo	0,35	75.315	264	75.051
Gas natural	0,50	26.905	135	26.770
				113.134
Consumo energía primaria (ktep)		149.638		
Grado de dependencia energética		75,61%		

Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Economía (2003a)

Tabla 7.4: Consumo de recursos energéticos domésticos e importados y grado de dependencia energética en el año 2006. Escenario de eficiencia

Combustible	Grado autoabastecimiento (%)	Consumo (ktep)	Consumo recursos domésticos (ktep)	Consumo recursos importados (ktep)
Carbón	39,50	17.653	6.973	10.680
Petróleo	0,35	73.365	257	73.108
Gas natural	0,50	26.261	131	26.130
				109.918
Consumo energía primaria (ktep)		146.424		
Grado de dependencia energética		75,07%		

Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Economía (2003a)

Las *Tablas 7.5* y *7.6* muestran, finalmente, el resultado que la aplicación de la Estrategia tiene sobre el índice de dependencia energética al final del horizonte temporal planteado por la misma. Se confirma el mecanismo de aumentar el grado de autoabastecimiento en el consumo de carbón, aunque ya en el 2012 esto no significará un aumento del consumo absoluto de este combustible en el escenario de eficiencia con respecto al escenario base, ni tampoco respecto al año 2000. Es decir, el mayor aprovechamiento de las reservas nacionales de carbón, conjugado con la reducción del consumo energético, permite reducir la dependencia energética en un 0,34% reduciendo a su vez el consumo absoluto de carbón nacional tanto entre el escenario base y el de eficiencia (5.038 *ktep* en el escenario base y 4.723 *ktep* en el escenario de eficiencia) como entre 2000 y 2012 dentro de éste (8.351 y 4.723, respectivamente).

Tabla 7.5: Consumo de recursos energéticos domésticos e importados y grado de dependencia energética en el año 2012. Escenario base

Combustible	Grado autoabastecimiento (%)	Consumo (<i>ktep</i>)	Consumo recursos domésticos (<i>ktep</i>)	Consumo recursos importados (<i>ktep</i>)
Carbón	35,70	14.113	5.038	9.075
Petróleo	0,40	84.820	339	84.481
Gas natural	0,00	42.535	0	42.535
				136.090
Consumo energía primaria (<i>ktep</i>)		180.673		
Grado de dependencia energética		75,32%		

Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Economía (2003a)

Tabla 7.6: Consumo de recursos energéticos domésticos e importados y grado de dependencia energética en el año 2012. Escenario de eficiencia

Combustible	Grado autoabastecimiento (%)	Consumo (ktep)	Consumo recursos domésticos (ktep)	Consumo recursos importados (ktep)
Carbón	40,40	11.691	4.723	6.928
Petróleo	0,40	75.958	304	75.654
Gas natural	0,00	39.027	0	39.027
				121.649
Consumo energía primaria (ktep)		165.099		
Grado de dependencia energética		73,68%		

Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Economía (2003a)

Mediante el efecto conjugado del aumento del autoabastecimiento en el consumo de carbón y de la reducción del consumo energético en el año 2012 se consigue una reducción del índice de dependencia energética de un 1,64%. Ahora bien, una vez obtenido este dato cabría preguntarse si es una reducción coste-efectiva, es decir, si los beneficios que esta reducción implica superan a los costes en los que la *E4* incurre para ello. Si bien es cierto que el objetivo de la Estrategia no es reducir la dependencia energética del país, resultaría un ejercicio interesante proceder a la evaluación de los efectos que, en términos de eficiencia o bienestar, un conjunto de medidas como el planteado por Ministerio de Economía (2003a) tiene sobre el índice de dependencia energética.

Es más, ¿qué índice de dependencia energética resultaría *óptimo* para España? La UE-15 tiene un índice de dependencia energética de alrededor del 50%, índice ya considerado elevado por las instituciones europeas (CE, 2001), mientras que el de España ronda el 75%. ¿Qué argumentos esgrime la UE para valorar ese 50% como excesivo? En caso de aceptar esta cifra, ¿qué alternativas tiene España para reducir su dependencia energética por debajo del 50%?

Como puede apreciarse, el asunto es complejo. Sin embargo, el debate adquiere distintos matices cuando se afirma que “la seguridad del abastecimiento no tiene por objeto maximizar la autonomía energética o minimizar la dependencia sino reducir los riesgos derivados de ésta” (CE, 2001, pág. 10). Es decir, y tal y como se ha argumentado en páginas previas, no interesa tanto reducir el índice de dependencia energética como los riesgos asociados a la citada dependencia; o dicho de otra manera, podemos reducir los riesgos aun manteniendo los índices actuales. Por ejemplo, la reducción del índice vía sustitución del carbón no implicaría una reducción de los riesgos; en cambio, un menor consumo de barriles de crudo o una diversificación de los países exportadores de gas, sí conseguiría minimizar estos riesgos.

En definitiva, el potencial de la **E4** para reducir los riesgos asociados a la dependencia energética debe medirse por la capacidad de la misma para reducir el consumo de petróleo. Como se ha argumentado en páginas anteriores, no resulta prudente aventurar una cifra, como la propuesta por National Research Council (2001) para Estados Unidos, que recoja el coste externo en el que incurre España por importar crudo (o el beneficio externo de reducir sus importaciones vía **E4**, en nuestro caso). Atendiendo a la información disponible, únicamente pueden ofrecerse las siguientes cifras de reducción del consumo de crudo entre el escenario base y el escenario de eficiencia: en el año 2012, el consumo de petróleo, en relación con el escenario base, se reduce, aproximadamente, en 8.862 *ktep.*, equivalentes a 64 millones de barriles de petróleo. Esta cifra podría ser valorada en términos de bienestar mediante, tal y como se ha expuesto anteriormente, un análisis de equilibrio general que permita estimar el coste externo asociado a las importaciones de crudo, análisis que se escapa a las pretensiones del presente estudio.

8. CONCLUSIONES FINALES

Recientemente (el pasado 3 de marzo de 2005), UNIÓN FENOSA, desde su Centro de Eficiencia Energética, presentó brevemente los resultados a nivel nacional de un estudio en el que se elaboró y desarrolló el que se ha denominado *Índice de Eficiencia Energética en las Pymes*⁸. Este estudio, además de presentar resultados sobre el citado índice, ofrece información sobre el potencial de reducción del consumo de energía de este tipo de empresas (que, por otra parte, concentran un volumen importante del tejido económico de España) o la cultura energética de las mismas, resultados que complementan al presente estudio y permiten una mejor interpretación del mismo.

Los grandes titulares con los que se presentó el estudio al que estamos haciendo referencia hacen referencia al potencial de ahorro energético que poseen las *Pymes* españolas (cada *Pyme* puede ahorrar, como valor medio, un 19,4% de su consumo energético modificando sus hábitos y equipamiento básico) y a las repercusiones que este potencial tendría sobre el consumo eléctrico nacional (se reduciría el 10% del consumo eléctrico en España) y sobre el compromiso de España de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el marco del Protocolo de Kyoto (este ahorro significaría el 22% de la reducción de emisiones necesaria para que España cumpla este compromiso).

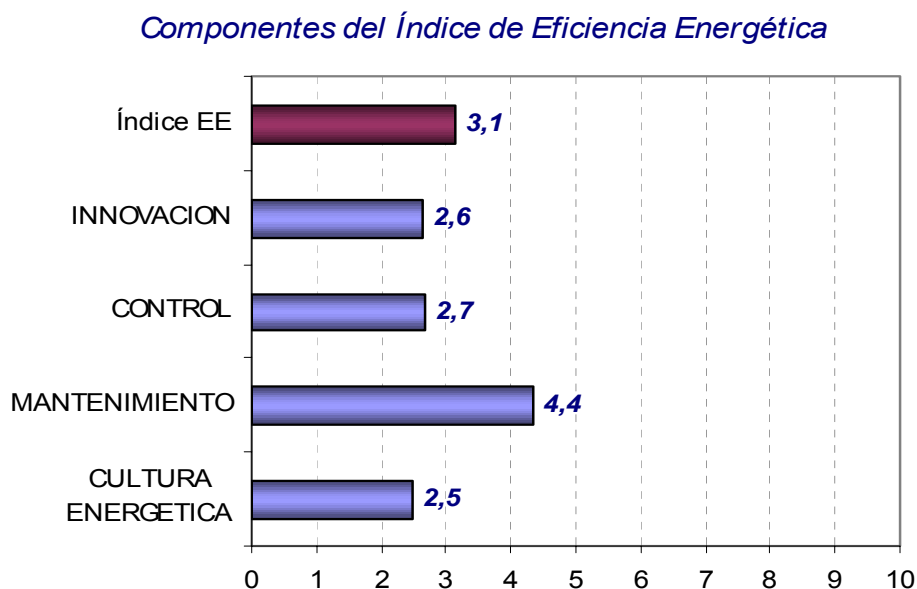
El *Gráfico 8.1* recoge los correspondientes subíndices sobre los que se basa este *Índice de Eficiencia Energética*. Como puede apreciarse, son los aspectos relativos a innovación (o adopción de nuevas tecnologías más eficientes en términos energéticos), control y cultura energética donde la evaluación resulta menor, aunque los resultados muestran una eficiencia energética manifiestamente mejorable.

Estos resultados justifican suficientemente el enfoque adoptado por la *E4* respecto a la propuesta de medidas de eficiencia energética basadas en la adopción de nuevas tecnologías y, por ende, la necesidad, por parte de las empresas españolas, de aumentar

⁸ <http://www.salacomunicacion.unionfenosa.es/nota.html?id=23235>

sus inversiones en I+D y, por parte del conjunto del país y de forma íntimamente relacionada, de aumentar su capital tecnológico.

Gráfico 8.1: El Índice de Eficiencia Energética elaborado por UNIÓN FENOSA



Fuente: UNIÓN FENOSA (http://www.salacomunicacion.unionfenosa.es/show_annex.html?id=25843)

Por otra parte, la escasa puntuación que se obtiene en los subíndices relativos a control y cultura energética ponen en evidencia la relativamente escasa preocupación e interés que los aspectos energéticos tienen en el ámbito de la gestión empresarial. Únicamente el 45% de las *Pymes* tienen una persona encargada de controlar y evaluar el consumo energético, porcentaje que asciende al 68% en *Pymes* de más de 50 empleados. Finalmente, un escaso 14% de las *Pymes* disponen de herramientas informáticas que permitan gestionar y controlar el consumo energético.

Los resultados expuestos por el estudio de UNIÓN FENOSA permiten enmarcar los resultados del presente estudio y explicar las dificultades a las que cualquier investigador debe enfrentarse a la hora de obtener información cuantitativa sobre

consumo de energía, eficiencia energética y beneficios no energéticos vía encuestas telefónicas.

El presente estudio ha ofrecido resultados cuantitativos con suficiente representatividad estadística en relación a la creación de empleo asociada a la instalación de medidas de eficiencia energética por parte del sector edificación (87.173 empleos brutos entre 2004 y 2012), que, por otra parte, absorbe el 57% de la inversión en eficiencia energética contemplada por la *E4*.

Sin embargo, el escaso control del consumo energético, la falta de cultura energética y, por último y quizás de forma más intensa, la dificultad operativa de proceder a la estimación de los beneficios asociados a la mejora de la productividad por inversiones en eficiencia energética no ha permitido obtener resultados cuantitativos al respecto, si bien ha quedado constatado el conocimiento que las empresas españolas tienen sobre los mismos.

Finalmente, y desde el punto de vista de la competitividad tanto a nivel internacional como sectorial y empresarial, las inversiones en eficiencia energética permiten mejorar la competitividad de España ante el comercio internacional, ya sea global o europeo (mejora cuya manifestación será de escasa magnitud debido a que la *E4* no estima que los sectores que más participan en el sector exterior inviertan de forma muy intensa en eficiencia energética); por último, y a nivel empresarial, las inversiones en eficiencia energética permiten mejorar la competitividad empresarial, además de vía reducción de precios (las medidas contempladas por la *E4* ofrecen, de forma general, rentabilidad positiva a la inversión), mediante la creación de imagen de marca y diferenciación del producto.

BIBLIOGRAFÍA

- Altman, M. (2001) When green isn't mean: economic theory and the heuristics of the impact of environmental regulations on competitiveness and opportunity cost, *Ecological Economics*, 26, 31-44.
- Ambec, S. y Barla, P. (2002) A theoretical foundation of the Porter hypothesis, *Economic Letters*, 75, 355-360.
- Banco de España (2001) Informe Anual 2000.
- Bergstrom, T. (1982) On capturing oil rents with a national excise tax, *American Economic Review*, 72(1), 194-201.
- Berkhout, P.H.G., Muskens, J.C. y Velthuisen, J.W. (2000) Defining the rebound effect, *Energy Policy*, 28, 425-432.
- Birol, F. y Keppler, J.H. (2000) Prices, technology development and the rebound effect, *Energy Policy*, 28, 457-469.
- Bowen, H.P., Hollander, A. y Viaene, J.-M. (1998) Applied International Trade Analysis. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Boyd, G.A. y Pang, J.X. (2000) Estimating the linkage between energy efficiency and productivity, *Energy Policy*, 28(5), 289-296
- Brookes, L. (2000) Energy efficiency fallacies revisited. *Energy Policy*, 28, 355-366.
- Caprós, P., Paroussos, L. y Stroblos, N. (1998) Energy saving investment and employment: Analysis through the GEM-E3 model. Analysis for Greece using real data, prepared for SAVE project. National Technical University of Athens.
- Caprós, P., Paroussos, L. y Stroblos, N. (1999) Energy saving investment and employment: Analysis through the GEM-E3 model. Analysis for several case studies, prepared for SAVE project. National Technical University of Athens.
- Comisión Europea (CE) (2001) Libro Verde. Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético.
- De Miguel, C., Manzano, B. y Martín-Moreno, J.M. (2003) Oil price shocks and aggregate fluctuations, *The Energy Journal*, 24(2), 47-61.
- De Rus, G. (2001) Análisis coste-beneficio. Ariel Economía.
- ECOTEC Research & Consulting, Ltd. (1999a) The impact of renewables on employment and economic growth. Draft Final Report: Main Report. ALTENER Project 4.1030/E/97-009.
- ECOTEC Research & Consulting, Ltd. (1999b) The impact of renewables on employment and economic growth. Draft Final Report: Volume 2 – Results in detail. ALTENER Project 4.1030/E/97-009.
- ECOTEC Research & Consulting, Ltd. (1999c) The impact of renewables on employment and economic growth. Draft Final Report: Annexes. ALTENER Project 1.1030/E/97-009.
- Elliott, R.N. (1994) Electricity consumption and the potential for electric energy savings in the manufacturing sector. Washington, D.C.: American Council for an Energy-Efficient Economy.

- Elliott, R.N., Laitner, S. y Pye, M. (1997) Considerations in the estimation of costs and benefits of industrial energy efficiency projects. *Proceedings of the Thirty Second Intersociety Energy Conversion Engineering Conference*. July/August. Honolulu, Hawaii. N.Y., N.Y.: American Institute of Chemical Engineers.
- European Commission (EC) (1993) White Paper on growth, competitiveness, and employment: the challenges and ways forward into the 21st century. COM (93) 700 final. Brussels, 5 December 1993.
<http://europa.eu.int/en/record/white/c93700/contents.html>
- E.V.A., the Austrian Energy Agency (2000) SAVE – For an Energy Efficient Millenium. The Conference. Proceedings Supplement. Background & Results.
- Florio, N., Finzi, U., Genco, M., Levarlet, F., Maffii, S., Tracogna, A. y Vignetti, S. (2003) Guía del análisis costes-beneficios de los proyectos de inversión (Fondos Estructurales – FEDER, Fondo de Cohesión e ISPA). Elaborado para la Unidad Responsable de la evaluación, DG Política Regional, Comisión Europea.
- Fouquin, M., Sekkat, K., Manssur, J.M., Mulder, N. y Nayman, L. (2001) Sector sensitivity to exchange rate fluctuations. CEPII Working Paper 2001-11, November.
- Gordo, E., Moral, E. y Pérez, M. (2004) Algunas implicaciones de la ampliación de la UE para la economía española. Documentos ocasionales n°0403. Banco de España.
- Greening, L.A., Greene, D.L. y Difiglio, C. (2000) Energy efficiency and consumption – the rebound effect – a survey, *Energy Policy*, 28, 389-401.
- Herring, H. (1998) Does energy efficiency save energy: the implications of accepting the Khazzoom-Brooks Postulate. Draft 3. April 1998. EERU, the Open University
<http://technology.open.ac.uk/eeru/staff/horace/kbpotl.htm#Introduction>.
- Herring, H. (1999) Does energy efficiency save energy? The debate and its consequences, *Applied Energy*, 63, 209-226.
- Huntington, H.G. (2003) Energy disruptions, interfirm price effects and the aggregate economy, *Energy Economics*, 25, 119-136.
- Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) (1999) Plan de Fomento de las Energías Renovables en España. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Diciembre 1999.
- Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) (2000) Eficiencia energética y empleo. Impacto sobre el empleo de las actuaciones en eficiencia energética en España y la Unión Europea. Ministerio de Economía.
- Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) (2004) Eficiencia energética y energías renovables. Boletín IDAE n° 6. Marzo 2004.
- Instituto de Predicción Económica L.R. Klein (1999) Caracterización econométrica simple de las funciones de consumo. Documento interno preparado para el proyecto SAVE. Universidad Autónoma de Madrid.
- International Energy Agency (IEA) (2000) Energy Policies of IEA Countries. Portugal 2000 Review. OECD.
- Kolowski, P. (2000) The limits of shareholder value, *Journal of Business Ethics*, 27, 137-148.
- Kreps, D.M. y Wilson, R. (1982) Reputation and imperfect information, *Journal of Economic Theory*, 27(2), 253-279.

- Kydes, A.S. (1997) Sensitivity of energy intensity in U.S. energy markets to technological change and adoption, en Energy Information Administration, *Issues in Midterm Analysis and Forecasting*, DOE/EIA-060797. U.S. Department of Energy, Washington, DC.
- Lapan, H. (1988) The optimal tariff, production lags, and time consistency, *American Economic Review*, 78(3), 395-401.
- Lilly, P. y Pearson, D. (1999) Determining the full value of industrial efficiency programs. En: *Proceedings 1999 Summer Study on Energy Efficiency in Industry*. Washington DC: American Council for an Energy-Efficient Economy; 1999, 349-62.
- Martín, C. (1993) Principales enfoques en el análisis de la competitividad. *Papeles de Economía Española*, 56, 2-13.
- Martín, C. (1999) La integración de España en la Unión Europea, en García Delgado (dir.) *Lecciones de economía española*. Cívitas.
- Maskin, E. y Newbery, D. (1990) Disadvantageous oil tariffs and dynamic consistency, *American Economic Review*, 80(1), 143-156.
- Milgrom, P. y Roberts, J. (1982) Predation, reputation and entry deterrence, *Journal of Economic Theory*, 27(2), 280-312.
- Mills, E. y Rosenfield, A. (1994) Consumer non-energy benefits as a motivation for making energy efficiency improvements, en *Proceedings ACEEE 1994 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*. Washington, DC: American Council for an Energy Efficiency Economy; 1994; 4: 201-14.
- Ministerio de Economía (2002) Planificación de los sectores de electricidad y gas. Desarrollo de las redes de transporte 2002-2011. Secretaría de Estado de Energía, Desarrollo Industrial y de la PYME. Dirección General de Política Energética y Minas.
- Ministerio de Economía (2003a) Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012. E4. Secretaría de Estado de Energía, Desarrollo Industrial y de la Pequeña y Mediana Empresa.
- Ministerio de Economía (2003b) Boletín estadístico de hidrocarburos. Agosto 2003, nº 69.
- National Research Council (2002) Effectiveness and impact of Corporate Average Fuel Economy (CAFE) Standards. National Academy Press, Washington, DC. <http://books.nap.edu/books/0309076013/html/index.html>.
- Nelson, R. (1992) Recent writings on competitiveness: boxing the compass, *California Management Review*, 34 (2), 127-137.
- Norgard, J.S. (2001) Can energy saving policy survive in a market economy?. Technical University of Denmark.
- O’Ryan, R., de Miguel, M.J. y Miller, S. (2000) Ensayo sobre Equilibrio General Computable: teoría y aplicaciones. Documentos de Trabajo Nº 73. Centro de Economía Aplicada (CEA), Universidad de Chile.
- Porter, M.E. (1986) Estrategia competitiva. Técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V.
- Porter, M.E. (1990) The competitive advantage of nations. Free Press.
- Porter, M.E. (1991) America’s Green Strategy, *Scientific American*, 264(4), 96-.
- Porter, M.E. (1996) Ventaja competitiva. Creación y sostenimiento de un desempeño superior. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V.

- Porter, M.E. y van der Linde, C. (1995) Towards a new conception of the environment-competitiveness relationship, *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97-118.
- Puente, S. y Pérez, M. (2004) Las series de *stock* de capital humano y tecnológico en los indicadores de convergencia real. Boletín Económico. Diciembre 2004. Banco de España.
- Pye, M. y McKane, A. (2000) Making a stronger case for industrial energy efficiency by quantifying non-energy benefits, *Resources, Conservation and Recycling*, 28, 171-183.
- Quirion, P. (2002) Can Europe afford non-global CO2 emission trading? A case study on the iron and steel industry. Presented at the 3rd CATEP workshop “Global trading”, Kiel, Germany, 30th September – 1st October 2002.
- Quirion, P. (2003) Allocation of CO2 allowances and competitiveness: a case study on the European iron and steel industry. 2003 Summer Study Proceedings. European Council for an Energy Efficient Economy.
- Quirion, P. y Hourcade, J.-C. (2004) Does the CO2 emission trading directive threaten the competitiveness of European Industry? Quantification and comparison to exchange rates fluctuations. Thirteenth Annual Conference, Budapest, Hungary. June 25-28th, 2004. European Association of Environmental and Resource Economics.
- Rodríguez, D. (1993) Ventaja comparativa y competitividad empresarial, *Papeles de Economía Española*, 56, 101-111.
- Rose, C. y Thomsen, S. (2004) The impact of corporate reputation on performance: some Danish evidence, *European Management Journal*, 22(2), 201-210.
- Salas, V. (1993) Factores de competitividad empresarial. Consideraciones generales, *Papeles de Economía Española*, 56, 379-396.
- Sanne, C. (2001) Are we chasing our tail in the pursuit of sustainability?, *International Journal of Sustainable Development*, 4(1), 120-133.
- Saunders, H.D. (1992) The Khazzoom-Brookes postulate and neoclassical growth, *The Energy Journal*, 13(4), 131-148.
- Saunders, H.D. (1996) Energy conserving production functions. Working Paper.
- Saunders, H.D. (2000) A view from the macro side: rebound, backfire, and Khazzoom-Brookes, *Energy policy*, 28, 439-449.
- Schaltegger, S. y Figge, F. (1998) Environmental Shareholder Value. WWZ- Study no.54. WWZ/Sarasin. Basic Report. Internet Edition.
- Schurr, S.H. (1982) Energy efficiency and productive efficiency: some thoughts based on American experience, *The Energy Journal*, 3(3)
- Schurr, S.H. (1985) Energy conservation and productivity growth: can we have both, *Energy Policy*, 13(2)
- Shapiro, C. (1983) Premiums for high quality products as returns to reputations, *Quarterly Journal of Economics*, 98(4), 659-679.
- Skumatz, L.A., Pearson, D. y Coates, B. (2001) Evaluating multi-resource audit programs to demonstrate sustainability, payback, and customer benefits; incorporating non-energy benefits (NEBs). Skumatz Economic Research Associates, Inc.
- Souto, G. (2001) Estimación de precios sombra a partir del análisis input-output: aplicación a la economía española. Papel de Trabajo N° 26/01. Instituto de Estudios Fiscales.
- Sutherland, R.J. (1998) The impact of potential climate change commitments on six industries in the United States, *Energy Policy*, 26(10), 765-776.

- Taylor, J. (1999) The Plumbing Standards Improvement Act: a step in the right direction. Congressional Testimony. Testimony of Jerry Taylor before the Subcommittee on Energy & Power of the Commerce Committee. United States Congress. <http://www.cato.org/testimony/ct-jt072799.html#13b>.
- Wackernagel, M. y Rees, W. (1997) Our ecological footprint: reducing human impact on the Earth. Gabriola Island (B.C. Canada): New Society.
- Wade, J., Wiltshire, W. y Scrase, I. (2000) National and Local Employment Impacts of Energy Efficiency Investment Programmes. Volume 1: Summary Report. *SAVE contract XVII/4.1031/D/97-032*.
- Wagner, M. (2003) The Porter hypothesis revisited: a literature review of theoretical models and empirical tests. Centre for Sustainability Management.
- Wagner, M. y Schaltegger, S. (2004) The effect of corporate environmental strategy choice and environmental performance on competitiveness and economic performance: an empirical study of EU manufacturing, *European Management Journal*, 22(5), 557-572.
- World Trade Organization (WTO) (2001) International Trade Statistics. http://www.wto.org/english/res_e/statis_e/its2001_e/its01_toc_e.htm
- Worrell, E., Price, L. y Martin, N. (2001) Energy efficiency and carbon dioxide emissions reduction opportunities in the US iron and steel sector, *Energy*, 26, 513-536.
- Worrell, E., Laitner, J.A., Ruth, M. y Finman, H. (2003) Productivity benefits of industrial energy efficiency measures. *Energy*, 28, 1081-1098.
- Xepapadeas, A. y de Zeew, A. (1999) Environmental policy and competitiveness: the Porter hypothesis and the composition of capital, *Journal of Environmental Economics and Management*, 37, 165-182.